Atena
Editora
Ano 2022

HECTOR GERARDO FLORES

MODELO ELÉTRICO RLC DO UNIVERSO
E A CONSTANTE DE BOLTZMANN



Atena Editora
Ano 2022

Hector Gerardo Flores

Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann



Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann

Diagramação:	Camila Alves de Cremo
Correção:	Maiara Ferreira
Indexação:	Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão:	O autor
Autor:	Hector Gerardo Flores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F634 Flores, Hector Gerardo
Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann / Hector Gerardo Flores. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0361-6
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.616222106

1. Circuitos elétricos - Modelos matemáticos. 2. Modelo elétrico RLC. I. Flores, Hector Gerardo. II. Título.
CDD 621.3192

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Atena Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DO AUTOR

O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

Dedico este livro

A toda minha família

Quem mora na Argentina e no Brasil

Especialmente minha esposa Isabel e meus filhos Benjamim, Amália e Martina.

APRESENTAÇÃO

Este livro representa uma extensão ou extrapolação de ideias e pensamentos desenvolvidos ao longo de séculos que visa explicar a origem do nosso universo, o mecanismo que gerou a inflação cósmica, a matéria escura, a energia escura, a quantização da matéria e o espaço-tempo, a relação entre o fóton e o gráviton, o que está dentro de um buraco negro, o paradoxo da informação que cai em um buraco negro, etc.

Desde a antiguidade, com Euclides, conseguimos definir a geometria plana até atingir nosso desenvolvimento máximo com o matemático Georg Friedrich Bernhard Riemann; que desenvolveu a geometria curva levando-a à sua máxima expressão.

No mundo da física, foi Albert Einstein quem criou a teoria geral da relatividade, que define a gravidade como a curvatura do espaço-tempo na presença de massa ou energia.

Neste livro, tentamos dar um passo adiante, desenvolvemos uma ideia revolucionária, a criação do fator de escala da constante de Boltzmann, que nos permite quantizar e quantificar o espaço-tempo; essa ideia é tão radical que suas aplicações nos permitem responder e explicar os maiores mistérios da ciência até hoje procuradas pelos científicos, precisamente com base nisso, empreendemos e desenvolvemos este livro.

Finalmente, o fator de escala da constante de Boltzmann, nos permite confirmar que todas as leis da física podem ser resumidas em uma única teoria Mãe, o seja podemos unir la teoria de relatividade geral de Albert Einstein com a mecánia quântica, sendo só isto possível sempre que abramos nosso pensamento a novas ideias que ultrapassem os pilares fundamentais da nossa física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus chefes de departamento, meus supervisores técnicos e meus colegas que me ensinaram a trabalhar e entender a eletrônica aplicada ao mundo da sísmica.

Agradeço a todos os geofísicos e geólogos com quem tive a oportunidade de aprender o processamento de sinais de ondas sísmicas.

Agradeço aos físicos e astrofísicos que me ensinaram cosmologia e especialmente àqueles que acharam errada minha teoria do fator de escala da constante de Boltzmann. Não podemos dizer que é certo ou errado até que encontremos a verdade.

SUMÁRIO

RESUMO

Admirar tudo nosso rededor, nosso mundo, nosso universo, é tremendamente surpreendente; imaginar como nosso universo nasceu é um imenso desafio; este é o caminho que vamos seguir neste livro, um caminho cheio de ideias e ousadia; um caminho aberto à imaginação em que usamos hipóteses tão desafiadoras e profundas, hipóteses que vão além das bases e princípios fundamentais da física, com o único propósito de encontrar a verdade. Muitas dessas hipóteses desafiam os pilares da física teórica construídos ao longo de séculos e pregados em todos os campos universitários do mundo. Desculpe, a todas essas ideias fundamentais e todas as grandes mentes que iluminam nossa ciência, mas sinto que este desafio vale a pena se visa encontrar o caminho certo, se visa encontrar a verdade ou simplesmente nos permite encontrar as pistas do qual seria o caminho certo que temos que seguir. Agora que mostrei minhas intenções, vamos apresentar as ideias básicas que irão sustentar todo o desenvolvimento deste livro. Espero que você me acompanhe nesta fascinante aventura.

A) O BIG BANG É A EXPLOSÃO DE UM BURACO NEGRO

Quando analisamos a semelhança que existe entre o Big Bang e um buraco negro, a resposta é apenas uma – singularidade; precisamente essa característica comum nos leva a definir que o Big Bang se origina da explosão de um buraco negro. Se considerarmos uma região do espaço-tempo à qual adicionamos massa, chegará um limite no qual o sistema entrará em colapso e formará um buraco negro. Se continuarmos adicionando massa (toda a massa do universo) e supusermos que o buraco negro cresce, haverá um limite em que o buraco negro explode produzindo um buraco branco (Big Bang), que causa a expansão do espaço-tempo conforme o que conhecemos. É importante esclarecer que usamos como hipótese que campos de força eletromagnética e campos de força fracos não existem dentro de buracos negros, para isso é preciso lembrar como se cria um buraco negro estelar.

Matematicamente, podemos explicá-lo nas etapas a seguir. A primeira etapa corresponde ao domínio da equação da relatividade geral e termina com a formação ou criação de um buraco negro. A segunda etapa é representada por uma equação diferencial de primeiro grau, semelhante à de um circuito elétrico RC, onde a constante τ = RC, determina como um buraco negro cresce. A terceira etapa é representada por uma equação diferencial de segundo grau análoga à de um circuito RLC, que determina como o espaço-tempo se expandirá após a explosão do buraco negro.

Essa ideia do Big Bang nascendo da explosão de um buraco negro, ou seja, um buraco negro nasce, cresce e morre produzindo o Big Bang são os pilares fundamentais deste livro e em torno dessa ideia também encontramos respostas para energia escura, matéria escura, quantização de matéria e espaço-tempo, quantização de ondas gravitacionais, descobrimos o que está dentro de um buraco negro e muitos outros tópicos muito interessantes que estão na moda na física hoje.

B) INFLAÇÃO CÓSMICA

Para reproduzir a inflação cósmica, a expansão do espaço-tempo, assumimos que, dentro de buracos negros, existem glúons se movendo a uma velocidade $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s, lembre-se que usamos como hipóteses que dentro de um buraco negro não existem campos de força eletromagnético e campos de força fraco. Essa suposição nos leva a determinar que existe um comprimento no espaço-tempo menor que o comprimento de Planck, que podemos expressar da seguinte forma, $Lp_G < Lp\varepsilon$, onde Lp_G é chamado de comprimento gravitacional de Planck e $Lp\varepsilon$, comprimento eletromagnético de Planck.

Suponha que existe um $Lp_G < Lp\varepsilon$, devido a $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s; **é** uma ideia tão desafiadora, mas é a única maneira que encontrei para poder reproduzir matematicamente a expansão do espaço-tempo a uma velocidade maior que a velocidade da luz.

Se considerarmos o comprimento de Planck $Lp\varepsilon$, o comprimento mínimo do espaço-tempo, como uma mola e pela ação de $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s, esse comprimento diminui em valores de Lp_G, ou seja, $Lp_G < Lp\varepsilon$, nos permite imaginar as imensas forças envolvidas para comprimir o espaço-tempo de comprimento $Lp\varepsilon$, em valores menores de espaço-tempo Lp_G.

A imensa energia armazenada e liberada na mola de comprimento Lp_G, para recuperar seu comprimento inicial $Lp\varepsilon$, é a causa da expansão exponencial do espaço-tempo nos primeiros instantes do Big Bang.

Também podemos explicar isso do ponto de vista do vácuo quântico. Sabemos que existe um falso vácuo e um verdadeiro vácuo. O falso vácuo está relacionado ao domínio do comprimento de Planck $Lp\varepsilon$. Quando ultrapassamos valores mais baixos de $Lp\varepsilon$, um buraco negro é produzido e entramos no domínio de Lp_G o domínio do vácuo verdadeiro. À medida que o buraco negro cresce, Lp_G diminui, até que o buraco negro atinja uma temperatura de aproximadamente 10^27 K. Esse é o ponto limite que produz a explosão do buraco negro, ou seja, inicia o Big Bang, a fase da inflação cósmica em que Lp_G tende a atingir o valor de $Lp\varepsilon$.

C) MODELO ELÉTRICO RC DE UM BURACO NEGRO

Todo mundo imagina que um buraco negro cresce devorando matéria, aqui vamos propor uma ideia revolucionária e vamos supor que um buraco negro cresce de forma semelhante a um circuito elétrico RC, ou seja, cresce de acordo com a constante Tau, τ = RC.

Como afirmei, vamos supor que o circuito elétrico de um buraco negro é análogo ao de um circuito RC. Sabemos que em um circuito elétrico RC, podemos representar sua impedância como Z = R – i Xc; Da mesma forma, em um buraco negro, representaremos sua impedância equivalente como Ms = Ma – i Mr, onde Ma representaria a massa real ou ordinária que conhecemos e a massa Mr representaria a massa imaginária ou a massa da

matéria escura.

À medida que o buraco negro cresce, sua massa Ms = Ma – i Mr aumentará, a velocidade de alguns glúons dentro dele aumentará $C_G > C_\varepsilon$ e o cumprimento $Lp_G < Lp_\varepsilon$ diminuirá. Tudo isso acontecerá seguindo a curva de crescimento do fator τ = RC.

D) CONSTANTE DE BOLTZMANN VARIÁVEL

Quando analisamos a relatividade geral sempre dizemos que na presença de massa ou energia o espaço-tempo é curvo e o mesmo vale para os inúmeros exemplos dados na correspondência ADS/CFT.

Quantificar o espaço-tempo na presença de massa e energia é o que estou propondo neste livro e para isso vamos mostrar que a constante de Boltzmann varia de K_B = 1,38 10^-23 J/K até K_B = 1,78 10^- 43 J/K.

Quantificar o espaço-tempo, considerando a constante de Boltzmann vari**á**vel, é também quantificar as ondas gravitacionais e analogamente como acontece com o espectro eletromagnético, vamos determinar que existe um espectro de ondas gravitacionais.

Essas analogias para representar as equações das ondas gravitacionais e eletromagnéticas são alcançadas graças à correspondência ADS/CFT e ao fator de escala da constante de Boltzmann. Podemos determinar as equações das ondas eletromagnéticas e gravitacionais conforme mostrado a seguir.

Espectro de ondas eletromagnéticas:

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon$

$C\varepsilon = \lambda\varepsilon \times f\varepsilon$

$E\varepsilon = h \times C\varepsilon / \lambda\varepsilon$

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon$,

$K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^-23 J/K.

Espectro de onda gravitacional:

$E_G = h \times f_G$

$C_G = \lambda_G \times f_G$

$E_G = h \times C_G / \lambda_G$

$E_G = K_G \times T_G$,

K_{BG} = 1,38 10^-23 J/K até 1,78 10^-43 J/K.

E) MODELO ELÉTRICO RLC DO BIG BANG

Podemos representar o modelo elétrico do Big Bang em analogia a um circuito elétrico RLC, onde RC representa um buraco negro e L representa o espaço-tempo ao redor de um buraco negro. Resolver a equação diferencial do RLC de segundo grau é descobrir como o espaço-tempo vai se expandir após a explosão do buraco negro RC e

cuja energia interage ou convoluciona com o espaço-tempo que o circunda.

Essa expansão determinará as causas que geram a energia escura.

Aqui, vou abrir um parêntese e fazer um comentário que acho muito importante e que vale a pena ser feito.

A expansão do espaço-tempo que produz o Big Bang ocorre em duas etapas:

Fase 1: É a fase da inflação. Dissemos que quando um buraco negro cresce é verdade que $Lp_G < Lp_\varepsilon$, devido a $C_G > C_\varepsilon$ = 300.000 km/s; também dissemos que Lp_ε se comporta como uma mola e à medida que C_G cresce, o comprimento da mola diminui, cumprindo que $Lp_G < Lp_\varepsilon$, ou seja, a mola é comprimida, aumentando sua energia armazenada. Quando o buraco negro explode, essa energia armazenada na mola é liberada e acontece que Lp_G tende a atingir o valor de Lp_ε e esse mecanismo é o que produz a inflação cósmica. Uma vez que o valor do espaço-tempo $Lp_G = Lp_\varepsilon$, ocorre o fim do estágio de inflação, da expansão exponencial. Nessa etapa mostraremos que a expansão do espaço-tempo é função da frequência e varia com o tempo.

Fase 2: A segunda fase de expansão está relacionada com a constante de Boltzmann variável e consiste em que, no início da expansão na segunda fase, a constante de Boltzmann corresponde a K_{BG} = 1,78 10^-43 J/K (Espaço-tempo curvo); nesse caso o espaço-tempo vai se expandir até que a constante de Boltzmann atinja o valor de $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^-23 J/K (espaço-tempo plano). Lembremos que para produzir um buraco negro, o espaço-tempo é comprimido por um fator de aproximadamente 10^15 em três dimensões, 10^15 será o fator que expandirá o espaço-tempo no segundo estágio até estabilizar e atingir o valor de $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^-23 J/K.

F) RADIAÇÃO DE HAWKING

Neste livro usamos como hipótese que a interação dos quarks nos prótons, nêutrons ou bárions Δ, é realizada através dos antiquarks e dos glúons. Nos buracos negros, ao contrário do que acontece nos prótons e nêutrons, a interação entre os quarks não se dá por meio de antiquarks; apenas por meio de glúons. Ou seja, o interior de um buraco negro seria formado apenas por matéria, isso é muito importante.

Os buracos negros são compostos de massa Ms = Ma – i Mr. Se considerarmos a radiação Hawking que produz pares de partículas e antipartículas no horizonte de eventos, a partícula HR (matéria), com frequência ω e energia hω, cai no buraco negro e adiciona a Ma e Mr aumentando a massa do buraco negro, ou seja, adiciona massa. Isso significa que a massa do buraco negro cresce permanentemente, sempre cresce; muito pelo contrário, ao que a teoria de Hawking propõe atualmente, o que é aceito pela comunidade científica. A partícula P (antimatéria), com frequência ω e energia -hω, afasta-se do buraco negro na forma de onda gravitacional.

Se considerarmos o paradoxo da informação, a única solução válida seria que a

matéria que entra no buraco negro teria que ser adicionada, isso implicaria que o buraco negro por esse processo estaria sempre crescendo até atingir um ponto limite que explodisse e produzisse o Big Bang; assim, o paradoxo da informação estaria resolvido.

G) COMO PODEMOS TESTAR ESTA TEORIA E SEUS FUNDAMENTOS!!!!!!

Vou apresentar uma maneira de testar a teoria:

Neste livro vamos desenvolver e determinar a equação do universo ou a equação das ondas gravitacionais geradas com o Big Bang. Considerando e usando essa equação e de acordo com minha experiência matemática, podemos teoricamente reproduzir as anisotropias de fundo de micro-ondas da CMB e também podemos reproduzir teoricamente o espectro de som ou espectro de potência que resulta das anisotropias de fundo de micro-ondas da CMB; seria muito importante reproduzir teoricamente essas previsões e compará-las com as obtidas pelo satélite Planck.

Como comentário, a equação do universo das ondas gravitacionais é função da frequência e do tempo, se aplicarmos a transformada de Fourier a esta equação e fizermos variar a frequência podemos determinar as anisotropias para o tempo T = 380.000 anos depois ao Big Bang ou para qualquer outro momento antes ou depois.

Deixo esse desafio para quem domina a linguagem de programação, como Python. Atualmente, não tenho conhecimento para fazer esse desafio, mas tenho certeza que pode ser feito e é o caminho certo a seguir.

INTRODUÇÃO

Quando não mergulhamos nas profundezas da física teórica, vemos que toda a física teórica é sustentada por dois pilares fundamentais, a relatividade geral e a física quântica. A relatividade geral estuda corpos estelares em grandes escalas e a física quântica estuda corpos microscópicos em escalas muito pequenas. Enquanto estudamos os corpos que precisam apenas da relatividade geral ou da física quântica não há problemas, mas há casos especiais, como o Big Bang ou buracos negros que precisam aplicar as duas teorias ao mesmo tempo, simultaneamente, e vemos que nesses casos, surgem inconsistências e conflitos que nos levam a pensar que essas duas teorias não são compatíveis. Devido a essas situações, pensamos que temos que desenvolver uma teoria quântica da gravidade que nos permita entender a física dos buracos negros ou do Big Bang.

Neste livro, vamos embarcar em um viajem, um caminho que nos levará a encontrar uma resposta e explicar como o Big Bang se originou, qual é a principal causa que deu origem ao Big Bang e como isso está relacionado aos buracos negros, é um caminho, uma alternativa que me dá respostas importantes sobre a origem do universo local, sem usar a teoria da gravidade quântica tão procurada pelos cientistas.

Nesta viajem, repleta de desafios mentais, também encontraremos respostas para a matéria escura, energia escura, quantização da matéria e espaço-tempo e muitas outras questões importantes e transcendentais da física.

A matemática e a física que vamos usar está ao nível de grau, cada fórmula utilizada é suportada por uma extensa bibliografia e bom senso na ideia e aplicação das mesmas. Também é importante esclarecer que nesta viagem, vamos levar a imaginação ao limite, a ponto de quebrar e ultrapassar limites da física, violando pressupostos como ``nada pode viajar a uma velocidade maior que a luz ´´ com o único propósito de desafiar e assim poder encontrar as respostas procuradas pelos cientistas na esperança de encontrar a verdade e assim poder testar os grandes paradigmas da física que nos limitam nosso desenvolvimento no mundo da ciência. Agora eu me pergunto se essas suposições ousadas que vamos usar como hipóteses nos permitem ao final desta teoria reproduzir a anisotropia do CMB ou o espectro de potência do CMB, deixo para você os comentários.

Antes de se render aos princípios físicos universais impostos nas universidades, apelo ao seu ser e sugiro que leia este livro e, finalmente, quando terminar de ler o livro, tire suas próprias conclusões, após uma análise séria você ficará tão surpreso quanto eu.

Com as bases e objetivos traçados, vamos iniciar esta emocionante viajem.

Para começar a desenvolver este livro, primeiramente, vamos explicar em um breve resumo o fator de correção de escala da constante de Boltzmann, este fator de escala, é um pilar fundamental no qual toda a teoria do modelo de universo RLC se baseia, e nos permite definir a temperatura de um buraco negro T_G, superior à temperatura de degeneração das

estrelas de nêutrons. O fator de escala da constante de Boltzmann nos permite quantificar o espaço-tempo, encontrar uma relação entre a massa do fóton e do gráviton, bem como a relação entre suas energias. Também modifica o conceito de temperatura ao criar a temperatura eletromagnética T_ε, a temperatura gravitacional T_G e determinar a relação com a estrutura do espaço-tempo.

A seguir, apresentaremos brevemente o modelo Lambda-CDM, que é o modelo mais aceito pela comunidade científica mundial. Além disso, vamos explicar nosso modelo elétrico RLC, sendo que ambos os modelos tentam descrever a evolução do nosso universo desde sua origem.

O modelo Lambda-CDM pressupõe que o universo evoluiu de um ponto infinitesimal de densidade infinitamente grande, uma singularidade. Nesse modelo, o espaço-tempo é governado pela métrica FLRW;

$$\mathrm{d}s^2 = -\mathrm{d}t^2 + a(t)^2 \left(\frac{\mathrm{d}r^2}{1 - kr^2} + r^2 \,\mathrm{d}\theta^2 + r^2 \sin^2\theta \,\mathrm{d}\phi^2 \right)$$

É um modelo onde a inflação cósmica, a energia escura e a matéria escura são apresentadas. Nesse modelo, o espaço-tempo é isotrópico e homogêneo (princípio cosmológico).

O Modelo Elétrico RLC é um modelo que pressupõe que nosso universo nasceu da explosão de um buraco negro cuja energia se expande em um universo existente, um universo infinito e estacionário (vamos reviver o universo estacionário de Einstein novamente). Nesse modelo, a evolução do espaço-tempo *del* Big Bang, é representado por uma equação diferencial de segundo grau, vamos seguir o caminho de Schrodinger e Dirac. É um modelo anisotrópico e homogêneo. É anisotrópico porque, ao contrário do modelo Lambda-CDM, onde o espaço-tempo se expande da mesma maneira em todas as direções governado pela métrica FLRW, no modelo RLC o espaço-tempo não se expande simetricamente em todas as direções. Se analisarmos o espectro de fase no domínio da frequência, observa-se que a expansão do espaço-tempo depende da frequência e o tempo, e é assimétrica. Essa assimetria é possivelmente a causa das discrepâncias encontradas no valor da constante de Hubble. Devemos dizer também que, nesse modelo, a matéria escura está relacionada à massa imaginária de um buraco negro que resulta da suposição de que a velocidade do campo de quarks e glúons no interior de um buraco negro é maior que c = 300.000 km/s (No interior de um buraco negro há glúons sem massa e carga, análogo ao fóton, que podem viajar a uma velocidade maior que c = 300.000 km/s e gera a massa imaginária; também há glúons que não têm massa e tem carga, os quais não podem viajar a uma velocidade maior que c = 300.000 km/s, os quais geram a massa real que nós conhecemos).

A teoria desenvolvida neste artigo, o Modelo Elétrico RLC, é baseada em duas

hipóteses: a primeira hipótese nos diz que a velocidade do campo de quarks e glúons dentro de um buraco negro é maior que a velocidade c = 300.000 km/s; a segunda hipótese afirma que a massa dentro de um buraco negro é composta por uma massa real e uma massa imaginária, em analogia à energia elétrica formada por energia ativa e energia reativa representada por um número complexo. Para que a velocidade c seja maior que 300.000 km/s, é necessário que não haja campos de força eletromagnética e campos de força fracos dentro dos buracos negros.

Vamos considerar os buracos negros como uma estrela de quark e glúon que se forma quando excede a temperatura de 10^13 kelvin e uma densidade crítica de 1,31 10^20 Kg/m³; isso devido a um colapso gravitacional no qual o espaço-tempo é reduzido por um fator de 10^15 vezes em todas as três dimensões (10^5 vezes em uma dimensão). Como resultado dessa contração, apenas as forças gravitacionais e a força forte agem dentro do buraco negro. As forças eletromagnéticas e fraca não existem nessas estrelas, elas desaparecem quando os buracos negros são formados – estamos na escala de quarks, 10^-17 metros. A contração do espaço-tempo por um fator de 10^5 vezes em uma dimensão, atua como um filtro removendo campos de força eletromagnética e campos de força fracos.

Para descrever como os buracos negros se desenvolvem, atingem uma condição crítica e finalmente explodem para produzir o Big Bang, é necessário começar relatando a evolução das estrelas e mencionar que dependendo de seu tamanho, uma estrela anã branca, uma estrela de nêutrons ou um buraco negro é formado.

Quando uma estrela atinge o final de sua evolução, se o tamanho de sua massa for menor que 8 massas solares, uma estrela anã branca é formada, com uma massa resultante menor que 1,4 massas solares; se a massa está entre 8 e 20 massas solares, uma estrela de nêutrons é formada com uma massa resultante entre 1,4 e 3 massas solares; e, finalmente, se a massa da estrela no final de sua evolução for maior que 20 massas solares, um buraco negro é formado com uma massa maior do que 3 massas solares. É necessário mencionar também que, nas estrelas anãs brancas, a pressão interna na estrela é equilibrada pela pressão de degeneração de elétrons em torno de 10^6 g/cm³, que neutraliza a força exercida pela gravidade, com as temperaturas entre 10^6 K e 20,0 10^6 K, graus kelvin.

No caso de estrelas de nêutrons, também é necessário mencionar que a pressão interna dentro da estrela encontra o equilíbrio devido à pressão de degeneração de nêutrons de aproximadamente 10^14 g/cm³ que neutraliza a força exercida pela gravidade, com temperaturas entre 10^11 K e 10^12 K graus kelvin.

Finalmente, para massas maiores que 20 massas solares, a pressão da gravidade supera a pressão da degeneração de nêutrons e um buraco negro é formado com uma massa maior que 3 massas solares.

Se analisarmos com cuidado, observamos que a temperatura aumenta se passarmos de uma estrela anã branca a uma estrela de nêutrons, logicamente se um buraco negro for formado, ele teria que ter uma temperatura ainda mais alta. No entanto, quando aplicamos a equação da temperatura de radiação de Hawking $T = hc^3/8\pi K_B GM$, vemos que a temperatura corresponde a aproximadamente 0 K (grau kelvin).

No desenvolvimento teórico da constante de Boltzmann, é mostrado que a temperatura gravitacional T_G ($T\varepsilon = 0$) dentro de um buraco negro é 10^{13} K. Vale ressaltar também que, se aplicarmos o fator de correção correspondente à constante de Boltzmann, com a equação de Hawking já descrita, podemos calcular a temperatura média para uma estrela anã branca e para uma estrela de nêutrons. Isso pode ser entendido analisando-se a relação entre o fator de escala da constante de Boltzmann e a estrutura espaço-tempo.

Até agora, descobrimos nosso primeiro postulado: os buracos negros devem ter uma temperatura mais alta do que as temperaturas de degeneração de nêutrons. Partindo dessa base, continuaremos com nosso raciocínio e apresentaremos nosso segundo postulado e definiremos um buraco negro análogo a um circuito elétrico RC; em outras palavras, vamos supor que um buraco negro vai se comportar como um circuito RC que em um momento t0, o capacitor C começa a carregar com uma velocidade de carga dada por $\tau = RC$ até atingir o equilíbrio no tempo $t = 5\tau$. Na engenharia elétrica, quando falamos de R, décimos é um componente dissipativo de energia e está relacionado à potência ativa; quando falamos de C, décimos é um dispositivo de armazenamento de energia e está relacionado à potência reativa; e essas duas variáveis estão relacionadas por meio de uma representação numérica complexa. Da mesma forma, em um buraco negro vamos representar a massa ou energia por meio de um número complexo da forma Ms = Ma - iMr. Em outras palavras, um buraco negro vai ser composto de uma massa real Ma e uma massa imaginária Mr.

Como nós enunciamos anteriormente, no tempo t = t0 a corrente i começa a carregar o capacitor, e esta corrente i é análoga à velocidade c da luz.

No mundo em que vivemos, estamos acostumados a representar a energia e a massa por um número real, por exemplo, décimos, que a massa de um objeto é 30 kg, mas porque em um buraco negro a velocidade equivalente é maior que c = 300.000 km/s, a massa de um buraco negro será representada por uma parte real e uma parte imaginária (a massa real será a massa normal e a massa imaginária será equivalente à massa da matéria escura), isto será representado por um número complexo, ou seja, a massa resultante aparente será maior que a massa real pela seguinte relação, $|Ms| = \sqrt{(Ma^2 + Mr^2)}$. Isso nos indica que essa massa adicional que não está sendo levada em consideração até hoje é a massa de matéria escura tão procurada pela comunidade científica. Mais tarde faremos esses cálculos e vamos determinar que essa massa adicional é a que corresponde à massa de matéria escura buscada.

Uma vez que o capacitor do circuito RC atinge seu estado de carga máxima, ou seja, quando o buraco negro atinge os limites máximos de temperatura, energia, pressão, massa etc., o buraco negro explode e produz o que chamamos de Big Bang. Quando o buraco negro explode, o que acontece é que o espaço-tempo se expande primeiramente produzindo a inflação cósmica e logo por um fator de 10^15 vezes em três dimensões (10^5 vezes em uma dimensão), recuperando seu tamanho original.

Para representar matematicamente o modelo elétrico do Big Bang, assumimos um circuito elétrico RLC onde RC representa o buraco negro e L representa o espaço ao redor do buraco negro que tem uma dada energia, por exemplo, atualmente o espaço tem uma temperatura aproximada de 2,7 K (graus kelvin) e uma energia de 3,72 10^-23 J (joule). Isso nos leva a afirmar que o buraco negro se desdobra e cresce dentro de um universo existente, análogo ao que acontece em nosso universo.

A explosão do buraco negro, que dá início ao Big Bang, representaria a convolução da energia gerada pela explosão do buraco negro que interage com a energia do espaço que circunda o buraco negro. Resolver o circuito RLC é resolver uma equação diferencial de segundo grau, e as condições iniciais são muito importantes. A solução dessa equação diferencial quadrática dependerá dos valores de α e Wo, o que nos dará os seguintes tipos de resposta, (α > Wo) caso amortecido; (α = Wo) caso criticamente amortecido e o último caso (α <Wo) subamortecido, onde α representa o fator de amortecimento e Wo a frequência natural. Em particular, devido às condições iniciais, vamos analisar a resposta criticamente amortecida e a amortecida.

Como resultado da análise do circuito RLC, vamos descrever as seguintes consequências. A primeira consequência está relacionada com a análise da resposta no domínio da frequência, especialmente do espectro de fase, vemos que este varia com a frequência (tempo), e temos que lembrar que uma mudança de fase implica uma diferença de deslocamento – esta pode ser a causa da energia escura, mas também pode ser a causa das discrepâncias encontradas com a constante de Hubble.

A segunda consequência que vamos analisar está relacionada com a solução da equação de onda relativística de Poul Dirac: a energia tem uma solução positiva e outra negativa (+/-) que induz a existência de antimatéria. Na página 115 vamos analisar a relação entre matéria e antimatéria e vamos determinar que a antimatéria faz parte da estrutura do espaço-tempo. A energia da matéria e da antimatéria é usada para expandir o espaço-tempo (o universo) e recuperar seu tamanho original, é o que chamamos de Big Bang.

A terceira consequência que vamos analisar está relacionada ao paradoxo da informação de um buraco negro. O que acontece com a informação de toda a matéria que cai em um buraco negro? Para responder a essa pergunta, mencionamos na hipótese já exposta de que um buraco negro explode e produz o Big Bang, com isso a informação é recuperada e a polêmica resolvida.

A quarta consequência está relacionada à matéria escura, iremos mostrar que a matéria escura está relacionada à massa imaginária de um buraco negro e também vamos expor isso para a massa do buraco negro de Sagitário A* no centro da Via Láctea, em que a massa imaginária associada corresponde à massa de matéria escura procurada pelos cientistas.

A quinta consequência que vamos demonstrar está relacionada à quantidade de massa ordinária que existe no universo, que de acordo com os cálculos dos cientistas, a massa ordinária total do universo estaria entre (10^53 e 10^54) kg, e neste artigo a massa ordinária total calculada do universo nos dá 10^56 kg, no modelo RLC.

Finalmente, vamos desenvolver a equação para a variação da energia E(t) do universo em função do tempo, para os casos de um sistema RLC com amortecimento crítico e um sistema RLC com amortecimento. Vamos demonstrar que o sistema elétrico criticamente amortecido não se aplica ao nosso universo, deixando como única opção o modelo elétrico amortecido RLC, que iremos desenvolver. Essa equação E(t) é o que determina como as ondas gravitacionais são geradas na era inflacionária do Big Bang.

Vamos determinar a equação da energia E(t) do universo em função do tempo, sendo que essa equação representa as ondas gravitacionais geradas na era inflacionária. A seguir, usando a equação da energia desenvolvida, vamos calcular a energia E(t) para aproximadamente 3.000 K, e nestas condições vamos calcular a relação entre massa e energia.

Iremos determinar para o modelo elétrico RLC amortecido de nosso universo, as constantes R, L, C; as frequências de corte ω1 e ω2 juntamente com a frequência de ressonância ω0, além do tempo correspondente a cada uma dessas frequências. Também vamos calcular o fator Q e a largura de banda do sistema.

Finalmente, vamos calcular a densidade do universo para 11,81 10^12 s (380.000 anos), que corresponde ao momento em que a radiação é desacoplada da matéria e determinar qual era a proporção de matéria e energia do universo naquele momento. Também calcularemos a densidade do universo para t = 1,22 10^13 s, para o instante no comprimento de onda da frequência fundamental que corresponde ao primeiro pico do espectro sonoro das ondas acústicas do CMB (λ = 1.000.000 anos-luz) expandido 100% do seu tamanho original, e para finalizar faremos exemplos de como a expansão assimétrica do espaço-tempo gera as discrepâncias que existem com a constante de Hubble.

O APÊNDICE 1 até o APÊNDICE 14, desenvolvem tópicos específicos e transcendentais da física teórica, de grande importância, em que o desenvolvimento se baseia principalmente em dar uma resposta física, através da aplicação do fator de escala da constante de Boltzmann.

FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

A constante de Boltzmann é definida da seguinte forma:

K_B = R/N donde R = 8,314 J / (K.mol) e N = 6,022 10^23 1/mol

K_B = 1,38 10^-23 J/K.

N é chamado de número de Avogadro e para 1 mol de carbono 12 há 6,022 10^23 átomos.

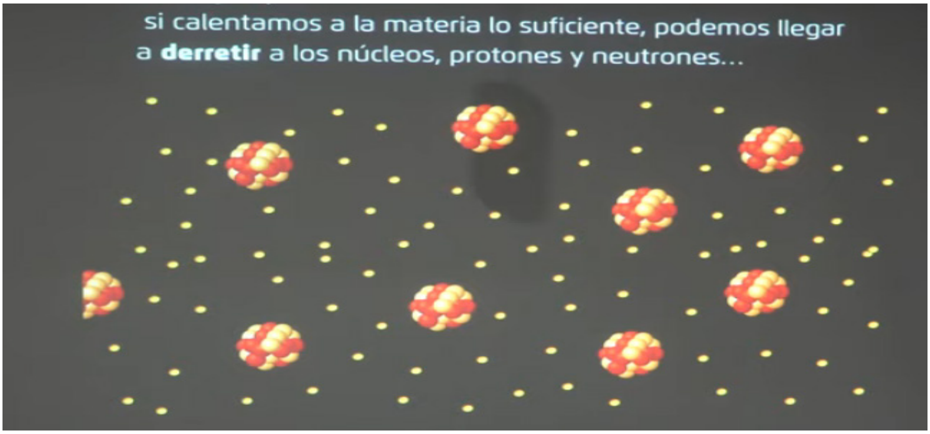
Conforme descrito, a constante de Boltzmann é definida para 1 mol de carbono 12 e corresponde a 6,0221 10^23 átomos. Aqui é importante ressaltar que sempre que usamos a constante de Boltzmann em todas as aplicações químicas e que as dimensões físicas do átomo permanecem constantes ou, em outras palavras, ele não é alterado.

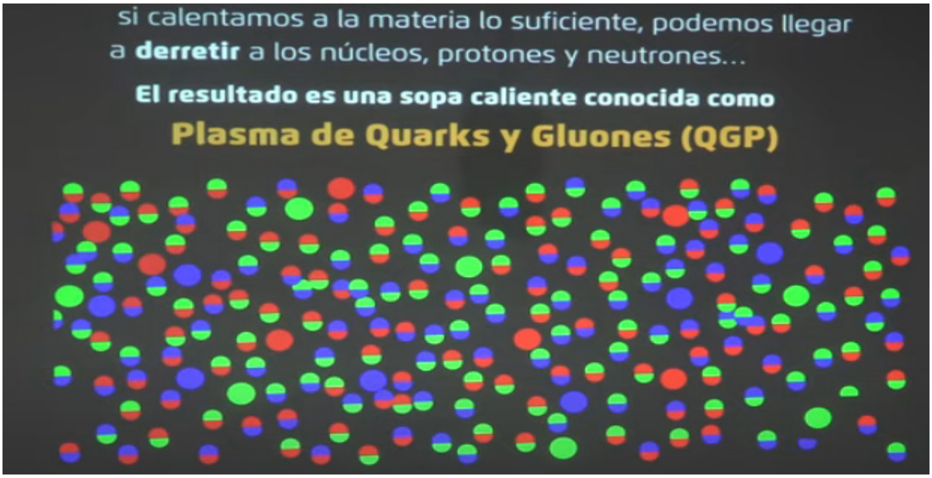
Na teoria quântica de campos, os átomos não são representados por esferas perfeitas de raio r como foi assumido no início do século XX. Mas para fins práticos, a fim de realizar os cálculos, vamos fazer essa suposição novamente e vamos usar o raio atômico fornecido na tabela periódica dos elementos químicos.

Agora, se considerarmos estrelas anãs brancas (pressão de degeneração de elétrons), estrelas de nêutrons (pressão de degeneração de nêutrons) e buracos negros (sopa de quarks e glúon), em todos esses casos o tamanho físico do átomo C12 é reduzido em relação a seu tamanho normal, ao nível do núcleo do átomo ou ao nível dos quarks, e é por isso que é necessário introduzir um fator de escala para compensar esta diferença.

Com esse critério vamos calcular o fator de escala da constante de Boltzmann para estrelas anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros e usando a equação de temperatura de radiação de Hawking T = hc^3/8πKGM, vamos calcular a temperatura para os três casos citados.

Esse critério de usar o fator de escala da constante de Boltzmann nos permitirá definir a temperatura de um buraco negro superior à temperatura de degeneração de uma estrela de nêutrons, ou seja, maior que 10^12 K. Atualmente se considera as temperaturas dos buracos negros da ordem de 0 K aproximadamente.





- Vamos considerar o caso das estrelas de nêutrons, e supor que a pressão de degeneração de nêutrons leva o átomo C12 às dimensões de um nêutron.

Cálculo da constante de Boltzmann ao trabalhar no nível do núcleo atômico.

Dc12 = 1,5 10^-8 cm = 1,5 10^-10 m, diâmetro do átomo C12.

- Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Dn = 0,8 10^-15 m, diâmetro do nêutron.

- Rn = 0,4 10^-15 m, raio do nêutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12.

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 10^-15)^3 = 0,267 10^-45 m^3, volume do nêutron.

D = Vc12 / Vn = 1,76 10^-30 / 0,267 10^-45 = 6,591 10^15, fator de escala para o

nível do núcleo do átomo.

Cálculo da constante de Boltzmann quando trabalhamos no nível do núcleo do átomo.

$K_{Bn} = K_B$ / D = 1,38 10^-23 / 6,591 10^15 = 0,2094 10^-38 J/K

K_{Bn} = 0,2094 10^-38 J/K, constante de Boltzmann-escala do núcleo atômico.

- Vamos considerar o caso dos buracos negros, e supor que a pressão para formar um buraco negro leve o átomo C12 ao tamanho de um quark.

Cálculo da constante de Boltzmann ao trabalhar no nível de quark.

Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Rq = 0,43 10^-18 m, raio do quark.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^-18)^3 = 0,33 10^-54 m^3

D = Vc12 / Vq = 1,76 10^-30 / 0,33 10^-54 = 5,33 10^24

D = 5,33 10^24

$K_{Bq} = K_B$ / D = 1,38 10^-23 / 5,33 10^24 = 0,25 10^-47 J/K

K_{Bq} = 0,25 10^-47 J/K, constante de Boltzmann escala nível dos quarks.

Agora vamos calcular como a constante de Boltzmann e o fator de correção de escala variam usando a equação de radiação de Hawking para estrelas anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros.

1 I FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN PARA ESTRELAS ANÃS BRANCAS

As massas das estrelas anãs brancas variam de 0,5 MΘ até 1,40 MΘ.

A temperatura do núcleo da estrela varia de 5 10^6 K até 20 10^6 K.

Vamos usar a seguinte equação, T = hc^3/8πK_BGM.

K_B = hc^3/8πTGM.

i) Para M = 0,5 MΘ = 0,5 x 2 10^30 = 10^30 kg

T = 5 10^6 K

K_{Be} = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 5 10^6 x 6,67 10^-11 x 10^30

K_{Be} = 179,01 10^-10 / 837,75 10^25 = 0,2136 10^-35

K_{Be} = 2,136 10^-36 J/K

$K_D = K_B / K_{Be}$, D = 1,38 10^-23 / 2,136 10^-36 = 0,646 10^13

D = 6,46 10^12

D = Vc12 / Ve, Ve = Vc12 / D = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 6,46 10^12

Ve = 1,76 10^-30 / 6,46 10^12 = 0,272 10^-42

- Ve = 2,727 10^-43 m^3

ii) Para M = 1,4 MΘ = 1,4 x 2 10^30 = 2,8 10^30 kg

T = 20 10^6 K

K_{Be} = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 20 10^6 x 6,67 10^-11 x 2,8 10^30

K_{Be} = 179,01 10^-10 / 9382,82 10^25 = 0,01907 10^-35

K_{Be} = 1,907 10^-37 J/K

D = K_B / K_{Be}, D = 1,38 10^-23 / 1,907 10^-37 = 0,7236 10^14

D = 7,236 10^13

D = Vc12 / Ve, Ve = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 7,236 10^13

Ve = 1,76 10^-30 / 7,236 10^13 = 0,2432 10^-43

- Ve = 2,432 10^-44 m^3

iii) Para estrelas anãs brancas, a seguinte relação se mantém:

M = 0,5 MΘ

T = 5 10^6 K

K_{Be} = 2,136 10^-36 J/K

Vc12 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12, condições normais.

Ve = 2,727 10^-43 m^3, volume do átomo C12, sob pressão de degeneração-eletronica.

D = 6,46 10^12, fator de escala átomo C12.

M = 1,4 MΘ

T = 20 10^6 K

K_{Be} = 1,907 10^-37 J/K

Vc12 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12, condições normais.

Ve = 2,432 10^-44 m^3, volume do átomo C12, sob pressão de degeneração-eletronica.

D = 7,236 10^13, fator de escala átomo C12.

Para as faixas de variação de massa e temperatura, determinamos que o fator de escala da constante de Boltzmann varia entre D = 6,46 10^12 que corresponde a K_{Be} = 2,136 10^-36 J/K, até D = 7,236 10^13, que corresponde a K_{Be} = 1,907 10^-37 J/K.

2 I FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN PARA ESTRELAS DE NÊUTRONS

As massas das estrelas de nêutrons variam de 1,4 MΘ a 2,2 MΘ

A temperatura do núcleo da estrela varia de 10^11 K a 10^12 K.

Vamos usar a seguinte equação, T = hc^3/ 8πK_BGM.

K_B= hc^3/ 8πTGM.

i) Para M = 1,4 MΘ = 1,4 x 2 10^30 = 2,8 10^30 kg

T = 10^11 K

K_{Bn} = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^11 x 6,67 10^-11 x 2,8 10^30

K_{Bn} = 179,01 10^-10 / 469,14 10^30 = 0,3815 10^-40

K_{Bn} = 3,815 10^-41 J/K

D = K_B / K_{Bn}, D = 1,38 10^-23 / 3,815 10^-41 = 0,361 10^18

D = 3,61 10^17

D = Vc12 / Vn, Vn = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 3,61 10^17

Vn = 1,76 10^-30 / 3,61 10^17 = 0,4875 10^-47

- Vn = 4,875 10^-48 m^3

ii) Para M = 2,2 MΘ = 2,2 x 2 10^30 = 4,4 10^30 kg

T = 10^12 K

K_{Bn} = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^12 x 6,67 10^-11 x 4,4 10^30

K_{Bn} = 179,01 10^-10 / 737,22 10^31 = 0,2428 10^-41

K_{Bn} = 2,42 10^-42 J/K

D = K_B / K_{Bn}, D = 1,38 10^-23 / 2,42 10^-42 = 0,5702 10^19

D = 5,702 10^18

D = Vc12 / Vn, Vn = (Vc12 /D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 5,702 10^18

Vn = 1,76 10^-30 / 5,702 10^18

Vn = 0,3086 10^-48

- $Vn = 3{,}086\ 10^{-49}\ m^3$

iii) Para estrelas de nêutrons, a seguinte relação se mantém:

M = 1,4 MΘ

T = 10^11 K

K_{Bn} = 3,815 10^-41 J/K

Vc12 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C 12, condições normais.

Vn = 4,875 10^-48 m^3, volume do átomo C12, sob pressão de degeneração- nêutrons

D = 3,61 10^17, fator de escala átomo C12.

M = 2,2 MΘ

T = 10^12 K

Kn = 2,42 10^-42 J/K

Vc12 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12, condições normais.

Vn = 3,086 10^-49 m^3, volume do átomo C12, sob pressão de degeneração- nêutrons

D =5,702 10^18, fator de escala do átomo C12.

Para as faixas de variação de massa e temperatura, determinamos que o fator de escala da constante de Boltzmann varia entre D = 3,61 10^17 que corresponde a K_{Bn} = 3,815 10^-41 J/K, até D = 5,702 10^18, que corresponde a K_{Bn} = 2,42 10^-42 J/K.

3 I FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN PARA BURACOS NEGROS

A massa do buraco negro é 3,0 MΘ

A temperatura de um buraco negro em sua formação é 10^13 K

Vamos usar a seguinte equação, T = hc^3/8πK_BGM.

K_B = hc^3/8πTGM.

Aqui é importante esclarecer que a temperatura de um buraco negro é escolhida quando ele é formado T = 10^13 K, igual à temperatura na qual, em colisões de partículas, a matéria forma a sopa de quarks e glúons.

M = 3MΘ = 3 x 2 10^30 = 6,0 10^30 kg

T = 10^13 K

K_{Bq} = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^13 x 6,67 10^-11 x 6,0 10^30

K_{Bq} = 179,01 10^-10 / 1005,30 10^32 = 0,1780 10^-42 = 1,78 10^-43 j/k

K_{Bq} = 1,78 10^-43 J/K constante de Boltzmann do buraco negro.

D = K_B / K_{Bq}, D = 1,38 10^-23 / 1,780 10^-43 = 0,7752 10^20 = 7,752 10^19

D = 7,752 10^19

D = Vc12 / Vq, Vq = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 7,752 10^19

Vq = 1,76 10^-30 / 7,752 10^19 = 0,2270 10^-49 = 2,270 10^-50 m^3

- Vq = 2,270 10^-50 m^3, volume do quark.

V = (4/3) x π x R^3, R = 3 √ (V / 1,33 x π) = 3 √ (2,270 10^-50 / 4,17) = 3 √ 0,5435 10^-50

R = 3 √ 5,435 10^-51 = 1,758 10^-17 m

R = 1,758 10^-17 m, corresponde ao raio do quark quando o buraco negro se forma.

4 I PORQUE A IMPLEMENTAÇÃO DO FATOR DE CORREÇÃO DA ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN ESTÁ CORRETA!

Há confusão sobre os conceitos de calor e trabalho. Acreditamos que tal confusão seja motivada pelo amálgama de definições é ideias axiomáticas e empíricas que se misturam quando a termodinâmica é explicada a alguém.

Definição de temperatura:

Temperatura é a medida do promeio de uma classe de energia, energia cinética translacional.

As moléculas têm diferentes componentes em sua energia. As moléculas geralmente podem fazer três coisas:

1) Uma molécula pode se mover. Assim teremos que sua energia cinética será, (1/2)mv^2 (energia cinética de seu centro de massa); Uma molécula pode girar. As moléculas geralmente têm uma estrutura tridimensional e podem ter diferentes rotações em diferentes direções do espaço, o que contribui com energia; e

2) Uma molécula pode vibrar. As moléculas são um conjunto de átomos unidos por ligações químicas. Essas ligações não são rígidas, mas se comportam como “molas” e a molécula pode sofrer vibrações.

O que medimos com a temperatura é a energia cinética translacional média de um conjunto de moléculas.

A temperatura não leva em consideração o resto dos componentes, então a medição da temperatura não é equivalente a medir a energia interna de um sistema. Ou, dito de outra forma, dois sistemas com a mesma temperatura não precisam ter a mesma energia interna.

Quando fazemos a média geralmente, o resultado tem as mesmas dimensões e unidades do conceito de média, e aqui “geralmente” é usado ironicamente. Portanto,

não deveríamos medir a temperatura em unidades de energia? A resposta é sim, mas historicamente não percebemos que a temperatura era uma medida de um componente energético dos sistemas até relativamente recentemente (desde o trabalho de Boltzmann e Gibbs).

Em suma, temos um problema histórico com unidades de temperatura e é aqui que entra a constante de Boltzmann (KB), que nada mais é o fator de conversão apropriado para passar a temperatura em graus (qualquer), que é uma medida "não natural", para unidades de energia, como joules, por exemplo.

A constante de Boltzmann é: 1,380 6488 (13) × 10^-23 J/K (no sistema internacional e com a escala absoluta de temperaturas).

Como vimos, a constante de Boltzmann é simplesmente um fator de proporcionalidade entre a temperatura medida em unidades de "temperatura", e unidades de energia. Em outras palavras, o que a dita constante realmente faz é corrigir o mal-entendido das unidades que atribuímos à temperatura.

*N*a escola aprendemos que um gás ideal obedece a uma equação muito simples que relaciona a pressão, o volume e a temperatura do gás com seu conteúdo em número de moles.

$PV = nRT$

Nessa equação, temos uma constante empírica (determinada por métodos experimentais), a constante gasosa R. Essa constante nada mais é do que a constante de Boltzmann multiplicada pelo número de Avogadro

$R = K_B N_A$

Ou seja, a constante de Boltzmann e a constante de gás são essencialmente as mesmas, apenas que uma se refere a um mol e a outra não.

Portanto, a equação do gás ideal pode ser escrita:

$PV = nN_A(K_B T)$

O número de mol n vezes o número de Avogadro NA é uma quantidade adimensional que simplesmente informa o número de partículas que você tem no gás. Um mol é equivalente ao número de constituintes de um Avogadro; na realidade, um mol não é uma unidade e nem o radianos, é apenas um nome útil para simplificar os conceitos.

Se estudarmos agora as dimensões do fator *PV* e do fator $K_B T$, veremos como ambos têm dimensões de energia e tudo é dimensionalmente consistente.

Com isso, queríamos mostrar que a constante de Boltzmann não é uma constante universal no sentido de revelar uma característica geral do universo, como a velocidade da luz ou a constante de Planck. Essa constante é apenas um artefato de uma má escolha de unidades de temperatura.

Usando a equação do gás, vamos realizar o seguinte teste:

ENSAIO Nº 1:

$PV = n N_A (K_B T) = cte$

$n N_A$ = nos diz o número de partículas que um gás possui.

- PV = cte, vamos supor que o número de partículas aumente por um fator de 10^10, como no caso de estrelas anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros.

$PV = (10^{10} n N_A) \times (K_B T) = cte$

Nessas condições, para que PV = cte tem que ser cumprido K_B ↓diminuir o T ↓diminuir.

Atualmente, para calcular a temperatura de buracos negros, usando a equação de temperatura de radiação de Hawking $T = hc^3/8\pi K_B GM$, K_B = cte é considerado, isso implica que T ↓ tem que diminuir. Isso é verdade e observamos que a maioria dos buracos negros tem uma temperatura de aproximadamente 0 K, para $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K.

- PV / T = cte, vamos supor que o número de partículas aumenta por um fator de 10^10, como acontece nas estrelas anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros.

$PV / T = (10^{10} n N_A) \times (K_B) = cte$

Nesse caso, se considerarmos que o número de partículas aumenta por um fator de 10^10, a única maneira de PV / T = cte é que K_B ↓, a constante de Boltzmann diminuía.

Com isso deduzimos, para um gás ideal, à mesma pressão, volume e temperatura, é verdade que a constante de Boltzmann deve diminuir sempre que o número de partículas que um gás possui aumenta.

Quando analisamos estrelas anãs brancas (pressão de degeneração de elétrons), estrelas de nêutrons (pressão de degeneração de nêutrons) e buracos negros (sopa de quark-glúon), em todos esses casos o tamanho do átomo que define a constante de Boltzmann, é reduzido em relação ao seu valor normal, ao nível do núcleo do átomo ou ao nível dos quarks, e é por esta razão que introduzimos o fator de correção de escala para compensar esta diferença. Isso equivale a supor que, com pressão, volume e temperatura iguais, aumentamos o número de partículas, o que leva a uma diminuição da constante de Boltzmann de forma que PV / T = cte continue a ser cumprida.

Isso também pode ser interpretado como se o número do Avogadro aumentasse proporcionalmente ao fator de correção de escala, na medida em que representa a diferença do tamanho do átomo resultante em relação ao tamanho do átomo original.

Agora vamos comentar o artigo cuja referência, https://arxiv.org/abs/1908.09728, explica como o plasma de quark e glúon é gerado no LHC, pois os átomos de chumbo

colidem com uma energia de ordem de 5,0 TeV que produz um plasma de quarks e glúons com energia da ordem de 222 MeV e uma temperatura aproximada da ordem de 10^12 K.

Essa informação é um pilar fundamental nesta monografia e é usada como base para considerar os buracos negros como uma estrela de quark e glúons que são formados quando a estrela excede a temperatura de 10^13 kelvin e uma densidade crítica de 1,31 10^20 Kg/m^3; isso produz um colapso gravitacional no qual o espaço é reduzido por um fator de 10^15 vezes em todas as três dimensões (10^5 vezes em uma dimensão). Como resultado dessa contração, apenas as forças gravitacionais e a força forte agem dentro dela. As forças eletromagnéticas e fracas não existem nessas estrelas, elas desaparecem quando os buracos negros são formados; estamos na escala de quarks, 10^-17 m. A contração do espaço-tempo por um fator de 10^5 vezes em uma dimensão, atua como um filtro eliminando os campos de força eletromagnética e campos de força fracos.

Com base nessas informações, consideramos que um buraco negro estelar seria uma estrela quark-glúon cuja temperatura quando formada seria de aproximadamente 10^13 K. Para isso, introduzimos o fator de correção de escala da constante de Boltzmann, que nos permite correlacionar que efetivamente a temperatura de um buraco negro estelar no momento de sua formação está relacionada ou corresponde à temperatura do plasma de quark e glúon, produzido no LHC.

ENSAIO Nº 2:

- **Vamos calcular o fator de escala da constante de Boltzmann para o caso de um buraco negro, e vamos relacionar com o fator de contração**

A constante de Boltzmann é definida da seguinte forma:

K_B = R/N donde R = 8,314 J/(k.mol) e N = 6,022 10^23 1/mol

K_B = 1,38 10^-23 J/K

N é chamado de número de Avogadro e para 1 mol de carbono 12 há 6,022 10^23 átomos.

Conforme descrito, a constante de Boltzmann é definida para 1 mol de carbono 12 e corresponde a 6,0221 10^23 átomos.

Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Rq = 0,43 10^-16 m, raio do quark

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^-16)^3 = 0,33 10^-48 m^3

$D = Vc12 / Vq = 1{,}76\ 10^{-30} / 0{,}33\ 10^{-48} = 5{,}33\ 10^{18}$

D = 5,33 10^18, fator de escala da constante de Boltzmann escala do quark

$K_{Bq} = K_B / D = 1{,}38\ 10^{-23} / 5{,}33\ 10^{18} = 0{,}25\ 10^{-41}$ J/K

$K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-41}$ J/K, constante de Boltzmann escala nível do quark.

Aqui assumimos o raio do quark dado pelo acelerador alemão HERA (Hadron-Elektron-Ringanlage) no ano de 2016, cujo artigo está publicado no seguinte endereço da internet: https://arxiv.org/pdf/1604.01280.pdf

- **Agora vamos considerar o sol e calcular o fator de contração que ele sofre para formar um buraco negro**

Rsol = 695.800.000 mts = $6{,}958\ 10^{8}$ m

$V_{sol} = 4/3\ \pi R^3 = 1{,}33 \times 3{,}14 \times (6{,}958\ 10^{8})^3 = 4{,}18 \times 336{,}86\ 10^{24}$

$V_{sol} = 1408{,}08\ 10^{24}\ m^3$

Vamos calcular o raio de Schwarzschild do sol.

$R_s = 2GM/C^2$

Massa do sol = $1{,}98\ 10^{30}$ kg

$R_s = 2GM/C^2 = (2 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 1{,}98\ 10^{30}) / 9\ 10^{16}$

$R_s = 26{,}41\ 10^{19} / 9\ 10^{16} = 2{,}93\ 10^{3}$

$R_s = 2{,}93\ 10^{3}$ m

$V_{BH} = 4/3\ \pi R^3 = 1{,}33 \times 3{,}14 \times (2{,}93\ 10^{3})^3 = 4{,}18 \times 25{,}15\ 10^{9} = 105{,}14\ 10^{9}$

$V_{BH} = 105{,}14\ 10^{9}\ m^3$

Fator de contração de um buraco negro.

$F_c = V_{sol} / V_{BH} = 1408{,}08\ 10^{24} / 105{,}14\ 10^{9} = 13{,}39\ 10^{15} = 1{,}339\ 10^{16}$

Fc = 13,39 10^15, fator de contração de uma estrela para formar um buraco negro.

Fc = 2,37 10^5 em uma dimensão.

D = 5,33 10^18, fator de escala da constante de Boltzmann do quark. Fc = 13,39 10^15, fator de contração de uma estrela para formar um buraco negro

- **Agora vamos realizar os cálculos utilizando a equação da longitude característica**

$L_c = GM / C^2$, comprimento característico de um corpo de massa M.

$RL_c = GM / 2C^2 = (6{,}67\ 10^{-11} \times 1{,}98\ 10^{30}) / 18\ 10^{16} = 13{,}20\ 10^{19} / 18\ 10^{16}$

$RL_c = 0{,}73\ 10^{3}$ m

$V_{BH} = 4/3\ \pi R^3 = 1{,}33 \times 3{,}14 \times (0{,}73\ 10^{3})^3 = 4{,}18 \times 0{,}38\ 10^{9} = 1{,}62\ 10^{9}$

V_{BH} = 1,62 10^9 m^3

Fc = Vsol / Vbh = 1408,08 10^24 / 1,62 10^9 = 869,18 10^15 = 8,69 10^17

Fc = 8,69 10^17

Fc = 8,69 10^17, fator de contração de uma estrela para formar um buraco negro.

Para Fc entre 13,39 10^15 e 8,69 10^17 podemos dizer que os campos de força eletromagnética e campos de força fraca desaparecem e para valores mais altos de contração apenas os campos de força forte e os campos de força gravitacional permanecem.

- **Agora vamos calcular o fator de escala D e o raio do quark usando a equação de Hawking para temperatura**

A massa do buraco negro é 3,0 MΘ

A temperatura de um buraco negro em sua formação é 10^13 K

Vamos usar a seguinte equação, T = hc^3/8πK_BGM.

K_B = hc^3/8πTGM.

Aqui é importante esclarecer que a temperatura de um buraco negro é escolhida quando ele é formado T = 10^13 K, igual à temperatura na qual, em colisões de partículas, a matéria forma a sopa de quarks e glúons.

M = 3MΘ = 3 x 2 10^30 = 6,0 10^30 kg

T = 10^13 K

K_Bq = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^13 x 6,67 10^-11 x 6,0 10^30

K_Bq = 179,01 10^-10 / 1005,30 10^32 = 0,1780 10^-42

K_Bq = 1,78 10^-43 J/K, constante de Boltzmann de um buraco negro.

D = K_B / K_Bq, D = 1,38 10^-23 /1,780 10^-43 = 0,7752 10^20 = 7,752 10^19

D = 7,752 10^19

D = 7,752 10^19, fator de escala constante de Boltzmann do quark.

D = Vc12 / Vq, Vq = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 7,752 10^19

Vq = 1,76 10^-30 / 7,752 10^19 = 0,2270 10^-49 = 2,270 10^-50 m^3

- Vq = 2,270 10^-50 m^3, volume do quark.

V = (4/3) x π x R^3, R = 3 √ (V/ 1,33 x π) = 3 √ (2,270 10^-50 / 4,17) = 3 √ 0,5435 10^-50

R = 3 √ 5,435 10^-51 = 1,758 10^-17 m

R = 1,758 10^-17 m, corresponde ao raio do quark quando o buraco negro se forma.

Depois de ter feito todos esses cálculos de avaliação, vamos concluir ou tomar os seguintes valores como verdadeiros simplesmente porque eles levam em consideração as condições extremas de pressão, volume, temperatura etc. que ocorrem para formar um buraco negro.

K_{Bq} = 1,78 10^-43 J/K, constante de Boltzmann escala do quark (Black Hole).
D = 7,752 10^19, fator de escala da constante de Boltzmann escala do quark.
R = 1,758 10^-17 m, raio do quark quando se forma o buraco negro.
Fc = 8,69 10^17, fator de contração de uma estrela para formar o buraco negro.

Conclusão

O fator de escala da constante de Boltzmann D, coincide aproximadamente com o fator de contração de uma estrela para formar um buraco negro Fc, e com este argumento, podemos dizer intuitivamente que o Big Bang é o processo pelo qual o espaço-tempo recupera seu tamanho original, ou seja, todo o espaço-tempo que foi comprimido para formar um buraco negro, durante o Big Bang é recuperado. A diferença entre o fator de escala D e o fator de contração Fc, possivelmente seja devido à energia dissipada gravitacionalmente e termicamente durante a expansão do espaço-tempo do Big Bang em forma de ondas gravitacionais, ondas eletromagnéticas ou qualquer outra forma de energia que pudesse existir. Posteriormente vamos calcular o fator de expansão Fe.

BIG BANG COMO IMPULSO DE ENERGIA INFINITA - *FUNÇÃO* &(T) DELTA DE DIRAC

Geralmente, quando buscamos informações científicas sobre o Big Bang, essas informações descrevem a história do Big Bang como um filme que está sendo rebobinado, ou seja, tentamos descrever toda sua história evolutiva e científica desde o tempo presente até o tempo t = 0 seg, para assim entender a origem do nosso universo. Neste artigo, vamos começar descrevendo a origem do Big Bang e vamos analisar cientificamente como nosso universo evoluiu até hoje. Para isso, vamos assumir a seguinte hipótese:

Hipótese nº 1: Big Bang - impulso de energia infinita

Com base nessa hipótese, vamos começar analisando a função impulso.

Vamos definir a função de impulso &(X) ou também chamada de função delta de Dirac.

&(x) = {∞, x = 0^0, x ≠ 0}

Representação gráfica da função de impulso.

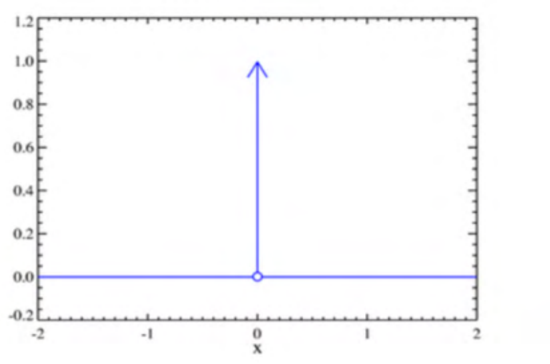


Figura 1

Vemos que para t = 0, o valor da função impulso tende ao infinito e que para t ≠ 0, o valor é 0. De acordo com o que foi dito, podemos fazer uma analogia com a explosão do Big Bang e dizer que no tempo t = 0, sua explosão se comportaria como um pulso de energia infinita. Se analisarmos o espectro de amplitude e fase da transformada de Fourier da função de impulso, vemos que o espectro de amplitude é igual a 1 para todas as frequências e o espectro de fase é igual a 0 para todas as frequências. Novamente fazendo uma analogia entre o impulso e a explosão de energia do Big Bang liberado no tempo t = 0, podemos dizer que para todas as frequências o espectro de amplitude é constante e o espectro de fase é zero.

Vamos tentar esclarecer o que foi explicado e vamos dizer que em t = 0, no momento

da explosão do Big Bang, a enorme quantidade de energia liberada gera infinitas ondas de energia (espectro de frequência infinita) que irão propagar-se pelo espaço em todas as direções, cada onda com a mesma amplitude e a mesma fase. Para que o espectro de amplitude seja constante e o espectro de fase seja zero, vamos inferir que o espaço-tempo no qual as ondas se propagam deve ser isotrópico e homogêneo.

Estamos diante de um sistema de fase 0.

Hipótese nº 2: O Big Bang ocorre quando um buraco negro explode

Hipótese nº 3: Quando um buraco negro explode, o universo já existe

Conforme afirmado na Hipótese nº 2, o Big Bang ocorre quando um buraco negro explode. Se analisarmos nossa teoria atual do universo, buracos negros existem em nosso universo, portanto, podemos afirmar o que é declarado na Hipótese nº 3 como verdadeiro. Levando em consideração as Hipóteses nº 1, *nº* 2 e nº 3, vamos supor que nosso buraco negro se comporte como um circuito elétrico RC. Vamos analisar o comportamento do circuito RC quando aplicamos um impulso unitário à entrada e descrever o comportamento da resposta do sistema no domínio da frequência, analisando o espectro de amplitude e fase. Também analisaremos o circuito RC quando aplicamos uma tensão constante à entrada.

Também vamos introduzir o conceito de convolução, e para isso faremos a seguinte analogia. Quando fazemos estudos de prospecção sísmica para procurar gás ou petróleo e usamos dinamite como fonte de energia, o sinal que capturamos em nossos sensores sísmicos é o resultado da energia liberada ao explodir dinamite que se mistura ou convolve com as características físicas da terra. Se analisarmos os sinais captados pelos geofones no domínio da frequência, vemos que os espectros de amplitude e fase dependem das características do solo. Estamos diante de um sistema de fase mínima de tipo causal.

Da mesma forma, consideraremos a explosão de uma dinamite como a explosão de um buraco negro e as características físicas da Terra análogas às características físicas do nosso universo. De acordo com o exposto, podemos dizer que a energia liberada e produzida pelo Big Bang se mistura ou convolve com as características físicas do universo existente para produzir infinitas ondas de energia que se propagam pelo espaço-tempo (espectro de ondas gravitacionais), cujo espectro de amplitude e fase no domínio da frequência, dependerão das características físicas do espaço-tempo no momento da explosão em analogia às características físicas da Terra.

- **Espectro de amplitude:** indica aquelas componentes harmônicas, que combinadas produzem o sinal no tempo que estamos observando.
- **Espectro de fase:** é a forma como esses componentes harmônicos se relacionam dentro da largura de banda. O espectro de fase tem a ver com a forma da ondícula.

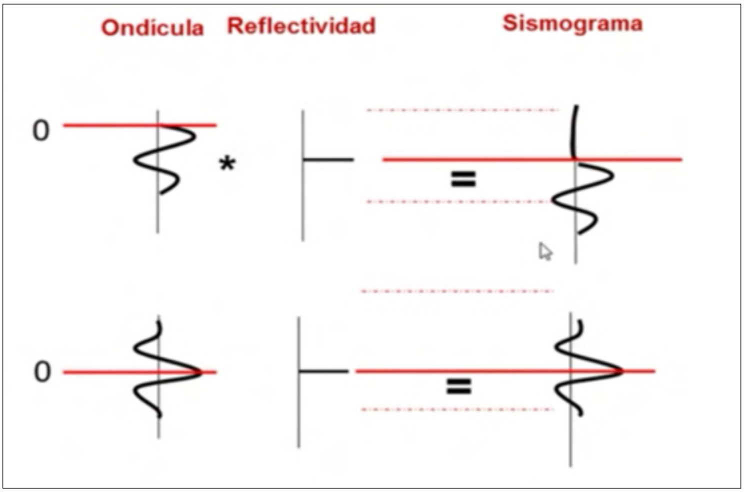


Figura 2

Na Figura 2, uma ondícula com fase mínima é observada no gráfico superior e uma ondícula com fase zero é observada no gráfico inferior.

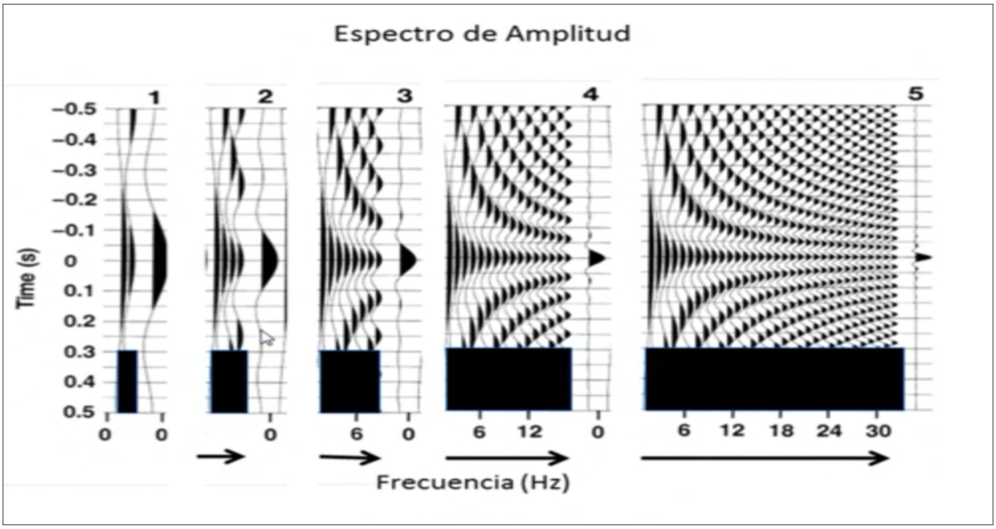


Figura 3

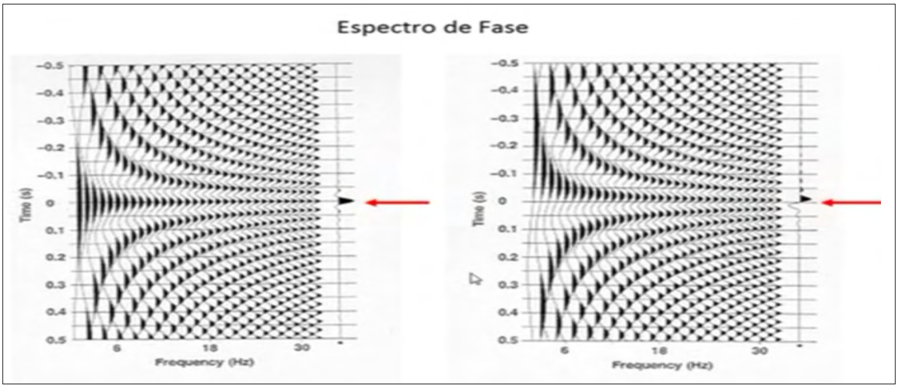


Figura 4

- **Fase mínima:** a principal característica de um sistema de fase mínima é que a energia chega o mais rápido possível. A fase de uma ondícula de fase mínima é menor e sua energia se acumula mais rápido (ou seja, é um atraso mínimo) do que para qualquer outra ondícula causal com o mesmo espectro de amplitude.
- **Fase zero:** uma ondícula de fase zero tem uma fase idêntica a zero, é simétrica em torno de zero, mas não é causal.

Conclusão nº 1: *se analisarmos o fato de considerar o Big Bang como um impulso de energia infinita, que se propaga em todas as direções no espaço e se observarmos o espectro de amplitude e de fase no domínio da frequência, podemos determinar e concluir que o Big Bang desde seu início tem uma natureza quântica.*

A seguir, desenvolveremos o que foi dito anteriormente passo a passo e vamos descrever e analisar as conclusões obtidas.

ANÁLISE DO CIRCUITO RC (CIRCUITO ELÉTRICO DE UM BURACO NEGRO)

1 I ANÁLISE DE DESCARGA DE UM CIRCUITO RC (RESPOSTA AO IMPULSO)

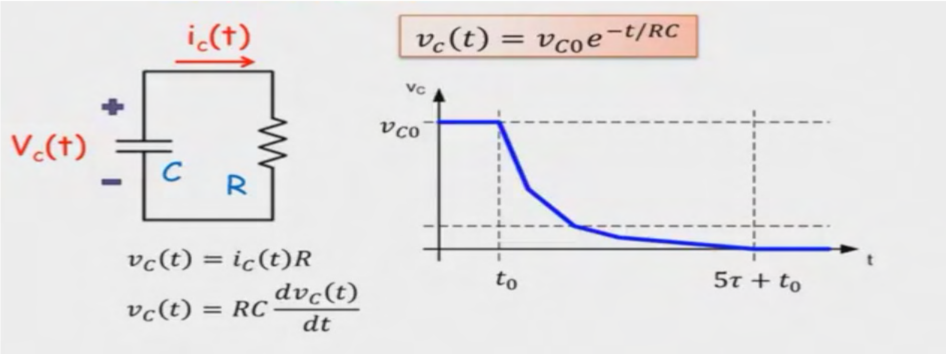


Figura 5

Novamente, vamos continuar com as analogias e nesta suposição vamos considerar um buraco negro como um circuito RC mostrado na Figura 5. Para t = t0 começa a descarga do capacitor que é equivalente ao instante em que o buraco negro explode e libera sua energia no espaço. Observa-se que após o instante t = t0 o capacitor começa a descarregar e observa-se que a resposta de descarga do capacitor é exponencial cuja tensão tende a 0 (Vc ---> 0), quando o tempo tende ao infinito (t---> ∞). A constante de tempo que o circuito descarrega é representada por τ = RC e é um parâmetro muito importante porque nos dá a razão de descarga do circuito; sabemos que para t = 5τ aproximadamente 100% da energia na capacitância foi descarregada.

Agora interpretaremos o que significam as constantes R e C relacionadas ao circuito elétrico do buraco negro: intuitivamente, podemos interpretar o seguinte, a constante C do circuito RC estaria relacionada ao potencial gravitacional no buraco negro. A constante R do circuito RC estaria relacionada ao calor térmico do buraco negro, ou seja, à transferência de calor térmico após t = t0 instante em que começa a explosão.

Agora vamos passar ao domínio da frequência para interpretar o comportamento do espectro de amplitude e do espectro de fase do circuito RC.

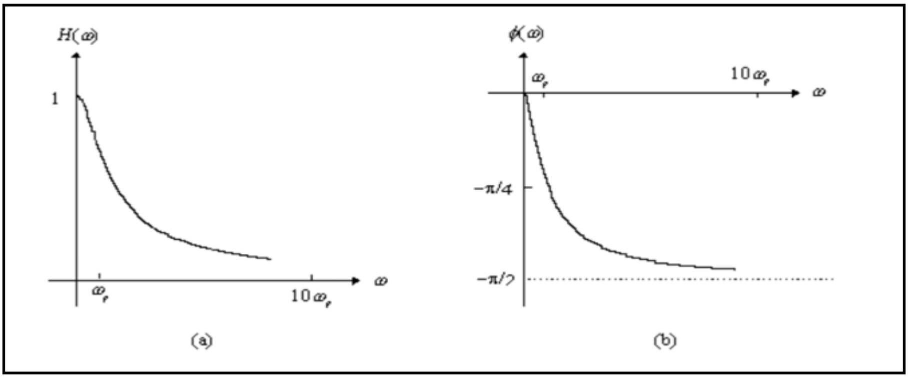


Figura 6 – Diagrama de amplitude (a) e de fase (b) da resposta em frequência.

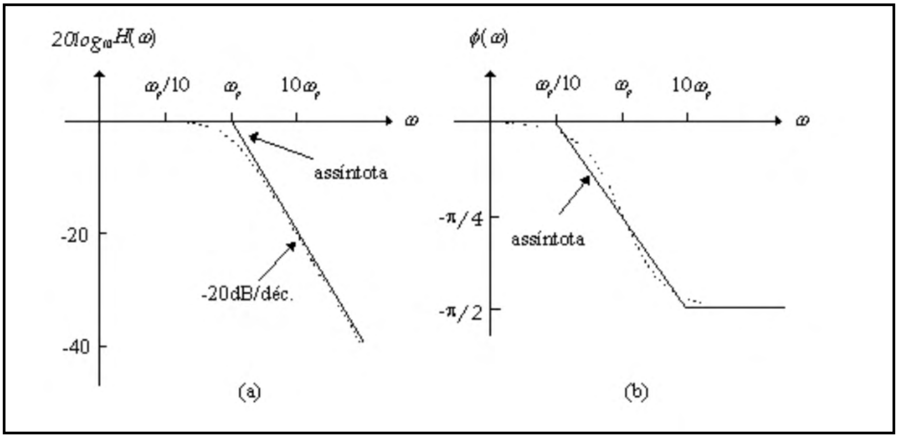


Figura 7 – Diagrama de Bode de amplitude (a) e de fase (b).

Observa-se que o circuito RC atua como um circuito passa-baixo.

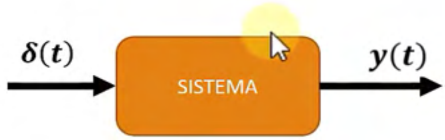
H(ω)c ---> 1 quando ϕ(ω)c ----> 0 para ω = 0

H(ω)c ---> 0 quando ϕ(ω)c ----> - 90 para ω = ∞

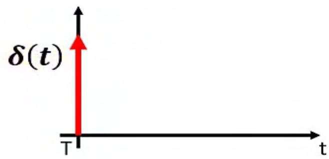
A seguir, apresentaremos o conceito de convolução e tentaremos analisar as principais características do sinal de saída que resulta da convolução do sinal que corresponde ao buraco negro (circuito elétrico RC) e do meio pelo qual se propaga a energia liberada, após a explosão. Nesse caso também usaremos a analogia para obter o sinal de saída que resulta da convolução do sinal do impulso de energia ao explodir a dinamite com as características físicas do terreno e desta forma analisar e obter conclusões úteis.

Convolução:

La respuesta impulso o respuesta impulsiva es el comportamiento dinámico de un sistema cuando en su entrada se coloca un dirac ($\boldsymbol{\delta(t)}$) o impulso. Y a través de esta respuesta podremos caracterizar una función de transferencia y poder conocer el comportamiento del sistema ante cualquier tipo de entrada que se aplique.



Llegamos a la señal impulso

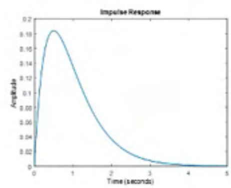


$$\delta(t) = \underset{T\to 0}{Lim}\ u(t) = \underset{T\to 0}{Lim} \begin{cases} 1/T & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t > T \end{cases}$$

$$\delta(t) \begin{cases} \infty & t = a \\ 0 & t \neq a \end{cases}$$

Aplicando el Impulso a cualquier sistema





Convolución

$$y(t) = g(t) * u(t) = \int_0^\infty g(t-\tau)u(\tau)d\tau = \int_0^\infty g(\tau)u(t-\tau)d\tau$$

Transformada de Laplace

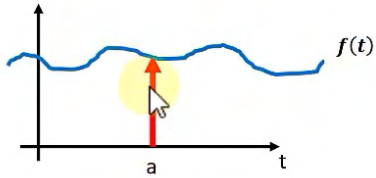
$$Y(s) = G(s)U(s)$$

Si tenemos la siguiente función multiplicando el delta de Dirac

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-a)dt$$

como la función es cero para todo valor diferente de a, puede reescribirse la integral de la siguiente forma:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(a)\delta(t-a)dt \quad \Rightarrow \quad f(a)\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-a)dt = f(a)$$



La transformada de Laplace de la función impulso viene dado por:

$$\mathscr{L}\left\{\delta(t-a)\right\} = \int_0^{\infty} \delta(t-a)e^{-st}dt$$

$$\mathscr{L}\left\{\delta(t-a)\right\} = e^{-st}\big|_{t=a} = e^{-at}$$

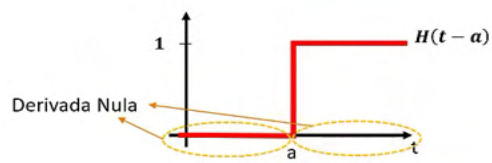
Caso Particular

$$\mathscr{L}\left\{\delta(t)\right\} = 1$$

la función de Delta de Dirac, puede ser vista como la derivada del escalón unitario (función de Heaviside)

$$\delta(t-a) = \frac{d}{dt}H(t-a)$$

Dado que la función escalón unitario viene representada por la siguiente función



Vamos usar o conceito de convolução para entender e definir algumas características importantes do nosso universo o seguinte relacionamento:

Y(t) = g(t) * u(t)

Vamos usar a seguinte analogia comparativa:

Y(t) = Energia que se espalha pelo universo na forma de ondas gravitacionais e calor.	**y(t) =** Energia que se espalha pela terra na forma de vibração mecânica e térmica.
u(t) = Impulso de energia (descarrega circuito RC).	**u(t) =** Impulso de energia (dinamita).
g(t) = Características físicas do espaço-tempo.	**g(t)** = características físicas do terreno.

Primeiro, temos que ter claro que em ambos os sistemas no tempo t = 0 quando ocorre o Big Bang ou quando a dinamite é detonada, a explosão produz ondas e calor; no caso da dinamite, serão ondas de vibração mecânica que se propagarão na terra e no caso do Big Bang ocorrerão ondas gravitacionais e expansão do espaço-tempo, que se propagarão no espaço (universo existente).

Na dinamite, quando ocorre a detonação, a energia gerada é transferida para a terra com o menor atraso possível, ou seja, se comporta como um sistema causal com uma fase

mínima. Quando analisamos o espectro de amplitude e fase do sinal que é registrado nos sensores y(t), observa-se que o espectro de amplitude e fase depende das características do terreno.

Da mesma forma, se considerarmos o Big Bang e o universo existente em t = 0; a energia que produz o Big Bang na forma de ondas gravitacionais, deve ser transferida para o universo existente (espaço-tempo) com o mínimo atraso possível ou no mínimo tempo, ou seja, deve se comportar como um sistema causal de fase mínima.

A diferença de fase é análoga a dois atletas correndo em uma pista de corrida na mesma velocidade e direção, mas partindo de posições diferentes na pista. Eles vão a um ponto em diferentes instantes de tempo. Mas a diferença de tempo (diferença de fase) entre eles é uma constante. Se estivessem em velocidades diferentes (frequências diferentes), a diferença de fase é indefinida e refletiria apenas posições iniciais diferentes. Tecnicamente, a diferença de fase entre duas entidades em frequências variável é indefinida e não existe.

Se considerarmos o sinal de impulso ideal discutido anteriormente no domínio da frequência, Figura 1, o espectro de amplitude é constante com valor unitário e o espectro de fase é zero. O espectro de fase nos diz que as frequências infinitas geradas para t = 0 começam a se propagar ao mesmo tempo e não têm retardo. Ele se comporta como um sistema não causal de fase 0, ou seja, espaço-tempo se expande da mesma forma em todas as direções.

Agora vamos analisar a resposta ao impulso do circuito RC (buraco negro) e vamos enfatizar o espectro de fase no domínio da frequência. Vemos que para $\omega = 0$ a fase é 0 (zero) e à medida que a frequência aumenta, ou seja, tende para o infinito, a fase tende para - ∏ / 2 (-90 graus). Essa diferença na fase que vai de 0 graus a -90 graus, nos dá uma diferença de tempo (deslocamento) em relação a t = 0, ou seja, introduz um atraso no tempo que varia com a frequência. Estamos perante um sistema causal e de fase mínima, ou seja, a energia libertada pelo Big Bang não é transferida para o ambiente que o rodeia (espaço-tempo, universo) instantaneamente, existe um atraso mínimo e depende principalmente do nosso modelo elétrico do buraco negro e as características físicas do ambiente (espaço-tempo, universo) em que a energia liberada se espalha.

Analisamos os diagramas de amplitude e fase da resposta do circuito RC ao impulso e observamos no espectro de fase que, conforme a frequência aumenta, a fase varia de 0 grau a -90 graus conforme a frequência vai de zero ao infinito. Também determinamos que o atraso do tempo Δt variável em função da frequência, devido à mudança de fase, corresponde a um atraso em deslocamento ΔX.

Na sísmica, quando trabalhamos com explosivos, o sinal captado pelos sensores depende das características físicas do terreno, por exemplo, a velocidade de propagação da onda mecânica vibracional produzida pela explosão depende do terreno em que se propagam, para cada um dos terrenos como areia, argila ou rocha, a velocidade é diferente e aumenta à medida que as características rígidas do terreno aumentam. Com isso, definimos que o índice de refração do solo determina a velocidade de propagação.

Definição de índice de refração:

> El índice de refracción (**n**) está definido como el cociente de la velocidad (**c**) con respecto a la velocidad de fase (**v**$_\mathbf{p}$) de un fenómeno ondulatorio como luz o sonido en un medio de referencia:
>
> $$n = \frac{c}{v_\mathrm{p}}.$$
>
> Generalmente se utiliza la velocidad de la luz en el vacío (c) como medio de referencia para cualquier materia, aunque durante la historia se han utilizado otras referencias, como la velocidad de la luz en el aire. En el caso de la luz, es igual a:
>
> $$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r},$$
>
> Donde ε_r es la permitividad relativa del material, y μ_r es su permeabilidad electromagnética relativa. Para la mayoría de los materiales, μ_r es muy cercano a 1 en frecuencias ópticas, es decir, luz visible, por lo tanto, **n** es aproximadamente $\sqrt{\epsilon_r}$.

Quando analisamos a resposta da onda de descarga do circuito RC (Big Bang), observamos que a energia armazenada no capacitor descarrega exponencialmente e sua resposta tende a zero conforme o tempo tende ao infinito, com uma razão de descarga proporcional à constante τ = RC do circuito. Aqui vamos fazer uma pausa e considerar a seguinte hipótese:

Hipótese nº 4: *Assumimos que existem duas (2) velocidades completamente diferentes, onda gravitacional* C_G *e onda eletromagnética* C_ε.

Hipótese nº 5: *A velocidade de propagação das ondas gravitacionais* C_G *após o Big*

Bang não é constante e seu valor mínimo corresponderia à velocidade eletromagnética da luz C_ε = 300.000 km/s.

Hipótese nº 6: *Para T > 10^13 K (kelvin), dentro de um buraco negro, as ondas de energia gravitacional modificam as dimensões do espaço-tempo, comprimindo; no caso do Big Bang, as ondas de energia gravitacional modificam as dimensões do espaço-tempo alongando, de maneira análoga ao que acontece com a teoria da inflação.*

Hipótese nº 7: *Dentro de um buraco negro, para T > 10^13 K (kelvin), a energia é dada pela soma da energia dos campos de força gravitacional e de força forte. As interações dos campos de força fraca e da força eletromagnética desaparecem ou se unem à força forte, elas deixam de existir independentemente.*

Dizemos que a gravidade de um buraco negro é tão grande que não deixa a luz escapar, mas não podemos explicar porque a força da gravidade continua a atuar fora do horizonte de eventos se for verificado que a velocidade das ondas gravitacionais viaja na mesma velocidade do que ondas eletromagnéticas. Isso seria compreendido se fosse verdade que dentro de um buraco negro, o campo da força eletromagnética e da força fraca deixam de existir.

Hipótese nº 8: *Consideramos T = 10^13 K (kelvin), como uma temperatura crítica.*

Hipótese nº 9: *Existem duas (2) longitude de onda de Planck, um para ondas gravitacionais Lp_G e outro para ondas eletromagnéticas Lp_ε e são diferentes, ou seja, $Lp_G \neq Lp_\varepsilon$ e $Lp_G < Lp_\varepsilon$; as constantes eletromagnética e gravitacional de Planck são iguais, $hp_G = hp_\varepsilon = h$*

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon = (h \times C_\varepsilon) / \lambda_\varepsilon$, fora de um buraco negro.
$E_G = h \times f_G = (h \times C_G) / \lambda_G$, no interior de um buraco negro.

Conclusão nº 2*: A resposta ao sistema que resulta da convolução do Sinal que é gerado quando um buraco negro explode (Big Bang) junto com as características físicas do universo existente, tem que ser de fase mínima; isso é interpretado como a afirmação de que a energia gerada na explosão não é transmitida instantaneamente para o espaço-tempo (universo), ou seja, existe um atraso mínimo de tempo que depende da frequência. Para cada frequência existe um atraso de tempo e este corresponde a uma diferença ΔX no deslocamento em relação ao tempo t = 0, origem da explosão.* Essa é possivelmente a causa da energia escura e das discrepâncias na constante de Hubble.

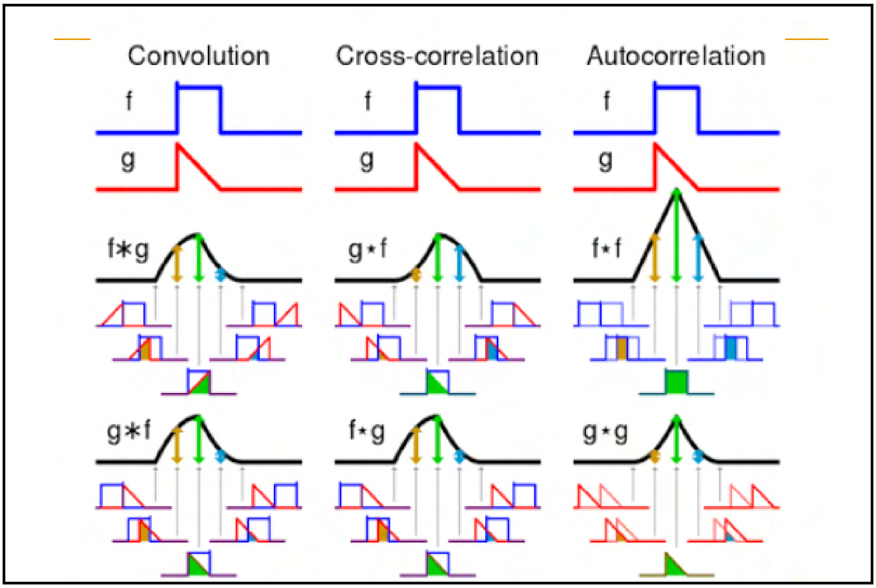


Figura 8 – Exemplos gráficos de convolução, Cross correlação e autocorrelação.

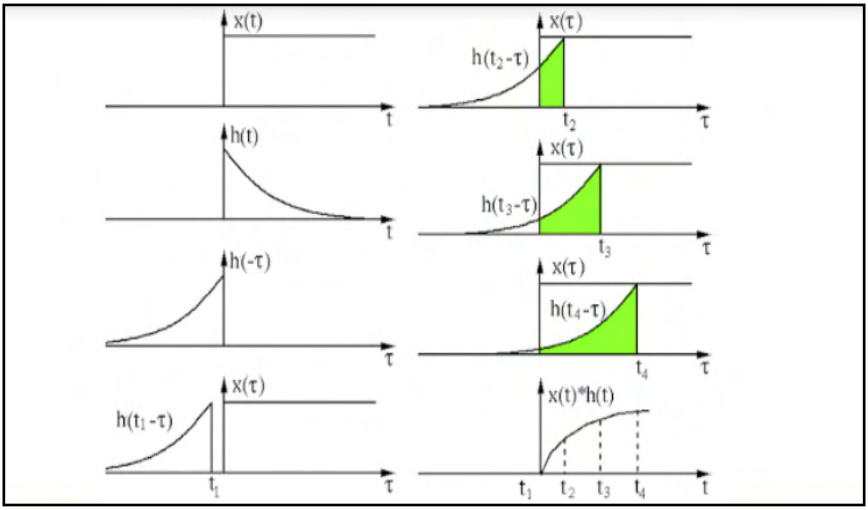


Figura 9 – Exemplo de convolução da função X(t) com a função h(t).

2 | ANÁLISE DE CARGA DE UM CIRCUITO RC (CRESCIMENTO DE UM BURACO NEGRO)

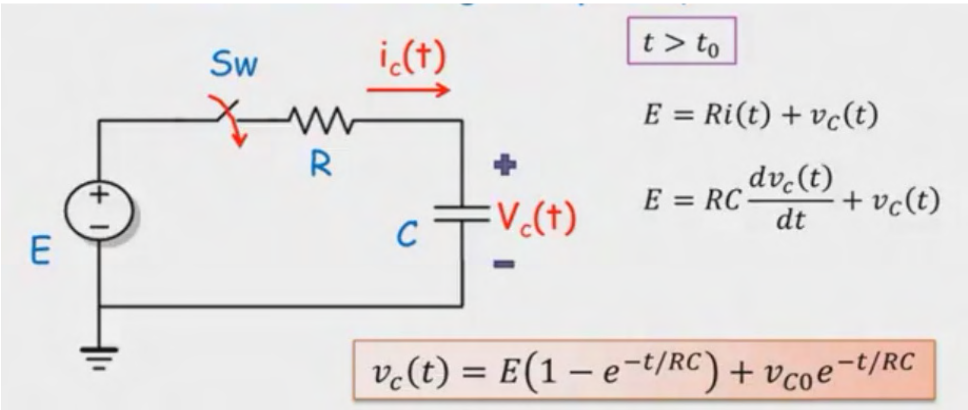


Figura 10

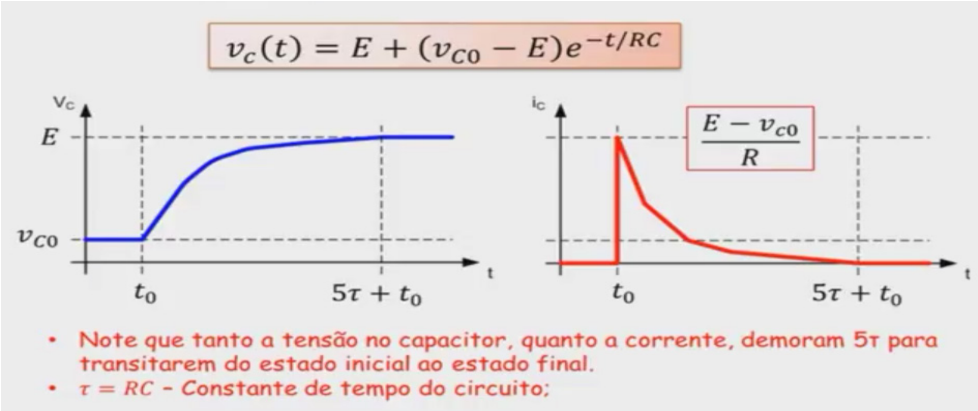


Figura 11

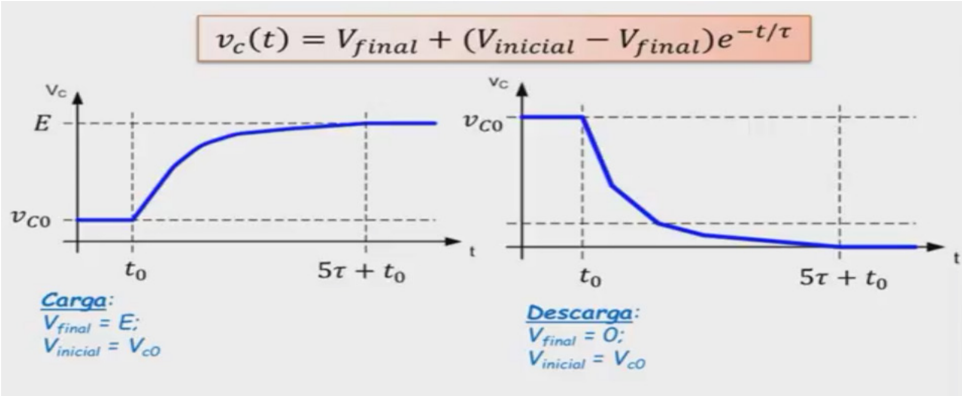


Figura 12 – Equação genérica de carga e descarga de um circuito RC.

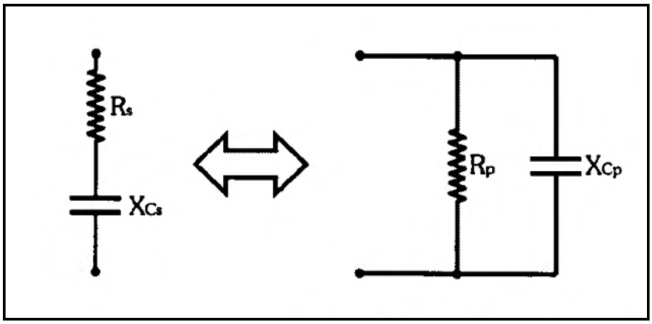


Figura 13 – Equivalência de circuito RC série-paralelo.

$$R_s = Z.\cos\varphi \quad \text{e} \quad X_{Cs} = -Z.\text{sen}\,\varphi$$

$$R_p = \frac{Z}{\cos\varphi} \quad \text{e} \quad X_{Cp} = -\frac{Z}{\text{sen}\,\varphi}$$

Figura 14 – Fórmula de conversão para circuito RC.

Vamos começar com a análise de carga do circuito RC na Figura 12: observa-se a equação genérica da tensão Vc(t) no capacitor para carga e descarga. Na Figura 13, no circuito paralelo, a corrente teria a mesma forma da tensão Vc(t) dividida pelo valor da resistência Rp e estaria defasada em 90 graus. Ou seja, Ic (t) = Vc (t) / Rp.

Se olharmos a Figura 12, o diagrama de carga do circuito para t = t0, vemos que a tensão no capacitor é Vco; poderíamos comparar isso com o tempo t = t0 em que o buraco negro é formado. Após do tempo t = t0, o capacitor começa a carregar até atingir o valor da fonte E, e se estabilizar, isso ocorre aproximadamente após um tempo igual a 5τ = 5 RC. Podemos interpretar isso como que o buraco negro começa a se alimentar e crescer até que depois de um tempo de aproximadamente 5τ = 5RC, ele atinge sua carga máxima.

Quando analisamos o circuito de carga e descarga do circuito RC, vemos que o valor de τ c = RcCc (constante de tempo de carga) é diferente do valor de τ d = RdCd (constante de tempo de descarga). τ c ≠ τ d.

Hipótese nº 10: *Em um buraco negro quando se forma, para T = 10^13 K (kelvin), C_G = Cε = 300.000 km/s.*

Para T > 10^13 K (kelvin), C_G >> que 300.000 km/s.C_G (τ) = $C_G$max + (Cε - $C_G$max) e ^- T/τ, T = temperatura e Cε = 300.000 km/s IMPORTANTE

¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡Agora vamos calcular qual seria o valor estimado para $C_{G}max$ =!!!!!!!!!!!!!

Faremos a seguinte aproximação, para T = 0,0000000000001 τ = 10^-13 τ

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 - e\ \text{^}{-}\ T/\tau)$

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 - e\ \text{^}\ {-}\ 0{,}0000000000001\tau/\tau)$

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 - e\ \text{^}\ {-}\ 0{,}0000000000001)$

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 – e\text{^}\ {-}\ (1/\ 10\text{ˆ}13)$

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 - 1\ /\ e\text{^}\ (1/\ 10\text{ˆ}13))$

$C_G(T) = C_Gmax\ (1 - 0{,}9999999999999)$

$C_G(T) = C_Gmax \times 10\text{^}{-13}$

Dissemos que para T = 10^13 K, ponto de inflexão do gráfico de carga do circuito RC, $C_G = C_\varepsilon$ = 3 10 ^8 m/s, portanto:

C_Gmax = 3 10^8 m/s x 10^13 ------> C_Gmax ≡ 3 10^21 m/s.

C_Gmax ≡ 3 10^21 m/s
C_G (T) = C_Gmax + (C_ε - C_Gmax) e ^-(T/τ), T = temperatura e C_ε = 300.000 km/s

Essa equação é um método para calcular a massa real de um buraco negro, a partir de T > 10^13 K (kelvin), as interações da força eletromagnética e fraca, deixam de existir e a equação E = mc^2 deixa de ser válida. Mais adiante mostraremos que a massa e energia de um buraco negro de T > 10^13 K (kelvin), terá uma componente real e uma componente imaginária e a massa resultante será muito maior do que a calculada por E = mc^2.

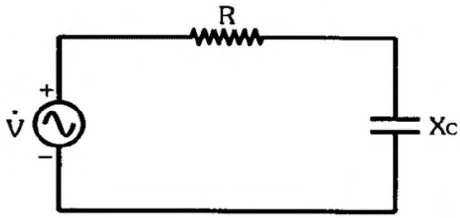
Hipótese nº 11: *Vamos considerar verdadeira a equação da temperatura calculada por Stephen Hawking, cuja fórmuπla é a seguinte:*

T = (ħ x C^3) / (8π x K_B x G x M)

Hipótese nº 12: *C_G >> 300,00 km/s, as velocidades dos glúons e quarks em um buraco negro, será maior que 300.000 km/s.*

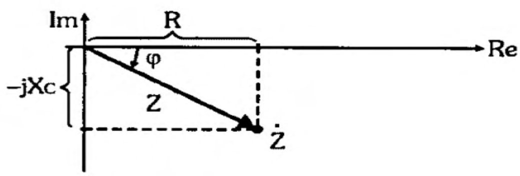
3 | ANÁLISE FASORIAL DO CIRCUITO SÉRIE RC

Circuito *RC* Série



$$\dot{Z} = R - jX_C \quad \text{ou} \quad \dot{Z} = Z\angle\varphi^-$$

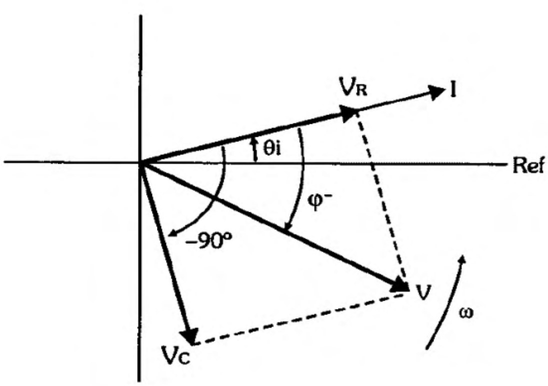
Representação Complexa



$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \Rightarrow \quad \text{módulo de } \dot{Z}$$

$$\varphi^- = -arctg\frac{X_C}{R} \quad \Rightarrow \quad \text{fase de } \dot{Z}$$

$$R = Z.\cos\varphi^- \quad \text{e} \quad X_C = -Z.sen\,\varphi^-$$



$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_C$$

$$\dot{V}_R = R\angle 0^o . I\angle \theta_i = R.I\angle \theta_i$$

$$\dot{V}_C = X_C\angle -90^o . I\angle \theta_i = X_C.I\angle(\theta_i - 90^o)$$

$$\dot{V} = Z\angle \varphi^- . I\angle \theta_i = Z.I\angle(\theta_i + \varphi^-)$$

em que:

$$\boxed{V = \sqrt{V_R{}^2 + V_C{}^2}} \quad \Rightarrow \quad \text{módulo de } \dot{V}$$

$$\boxed{\varphi^- = -arctg\frac{V_C}{V_R}} \quad \Rightarrow \quad \text{defasagem entre } \dot{V} \text{ e } \dot{I}$$

Sendo: $V_R = V.cos\ \varphi^-$ e $V_C = -\ V.sen\ \varphi^-$

$i(t) = I_P.cos\ (\omega t + \theta_i)$

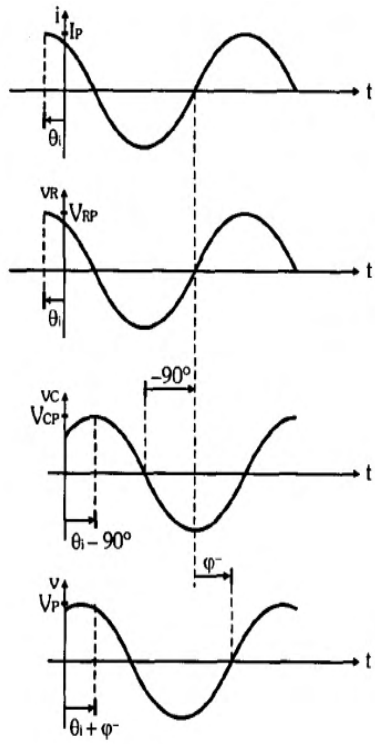
A tensão no resistor está em fase com $i(t)$, enquanto no capacitor ela está atrasada de 90°. Portanto:

$v_R(t) = V_{RP}.cos\ (\omega t + \theta_i)$

$v_C(t) = V_{CP}.cos\ (\omega t + \theta_i - \pi/2)$

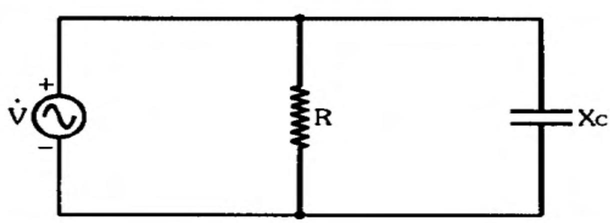
Por fim, a tensão do gerador está atrasada de φ^- em relação à $i(t)$:

$v(t) = V_P.cos\ (\omega t + \theta_i + \varphi^-)$



4 I ANÁLISE FASORIAL DO CIRCUITO RC PARALELO

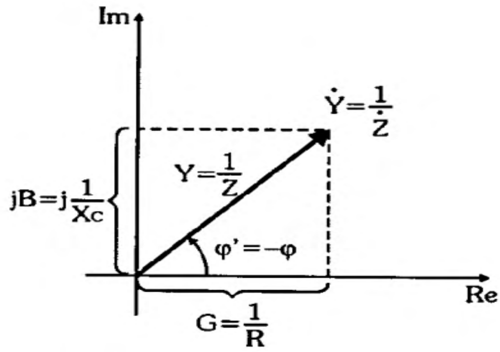
Circuito *RC* Paralelo



$$\frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{R} + j\frac{1}{Xc}$$ ou $$\dot{Z} = \frac{-jR.Xc}{R - jXc}$$

Na forma polar, $\varphi < 0^o$ e, portanto:

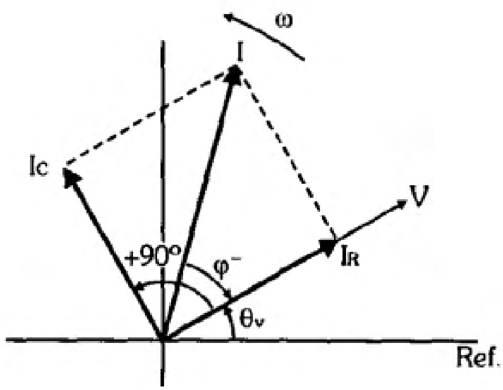
$$\dot{Z} = Z\angle\varphi^-$$



$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \sqrt{\frac{1}{R^2}+\frac{1}{X_C{}^2}} \\ &ou \\ Z &= \frac{R.X_C}{\sqrt{R^2+X_C{}^2}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \text{módulo de } \dot{Z}$$

$$\left.\begin{aligned} \varphi^- &= -arctg\,\frac{R}{X_C} \\ &ou \\ \varphi^- &= arctg\,\frac{X_C}{R} - 90^o \end{aligned}\right\} \Rightarrow \text{fase de } \dot{Z}$$

Sendo: $R=\frac{Z}{\cos\varphi^-}$ e $X_C=-\frac{Z}{sen\,\varphi^-}$



$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C$$

$$\dot{I}_R = V\angle\theta_v / R\angle 0^o = (V/R)\angle\theta_v$$

$$\dot{I}_C = V\angle\theta_v / X_C\angle -90^o = (V/X_C)\angle(\theta_v + 90^o)$$

$$\dot{I} = V\angle\theta_v / Z\angle\varphi^- = (V/Z)\angle(\theta_v - \varphi^-)$$

em que:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$ $\Rightarrow$ módulo de $\dot{I}$

$$\varphi^- = -arctg \frac{I_C}{I_R}$$ $\Rightarrow$ defasagem entre $\dot{V}$ e $\dot{I}$

Sendo: $I_R = I.cos\ \varphi^-$ e $I_C = -I.sen\ \varphi^-$

$v(t) = V_P.cos\ (\omega t + \theta_v)$

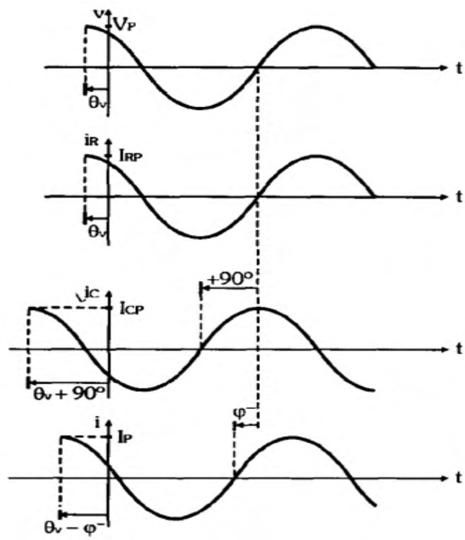
A corrente no resistor está em fase com $v(t)$, enquanto no capacitor ela está adiantada de 90°. Portanto:

$i_R(t) = I_{RP}.cos\ (\omega t + \theta_v)$

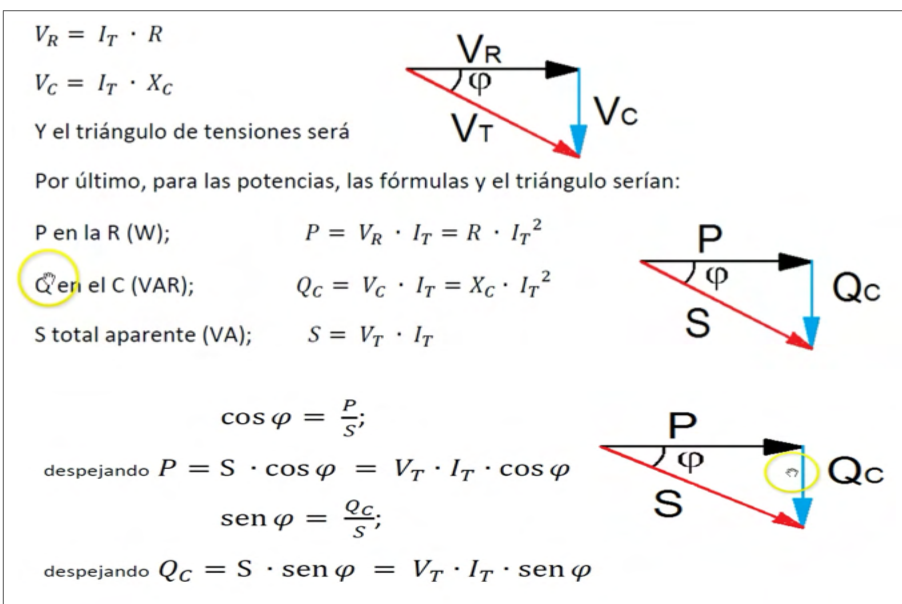
$i_C(t) = I_{CP}.cos\ (\omega t + \theta_v + \pi/2)$

Por fim, a corrente do gerador está adiantada de φ^- em relação à $v(t)$:

$i(t) = I_P.cos\ (\omega t + \theta_v - \varphi^-)$



Analisando as impedâncias do circuito em série e a admitância do circuito paralelo, observamos que elas possuem uma parte real e uma parte imaginária, desfasadas em 90 graus, se extrapolarmos isso para o domínio da potência ou energia, há também uma potência e energia reais relacionadas à constante resistiva R e uma potência e energia imaginárias relacionadas à constante capacitiva C, fora de fase em 90 graus, dada pela seguinte equação em um circuito série RC.



$V_R = I_T \cdot R$

$V_C = I_T \cdot X_C$

Y el triángulo de tensiones será

Por último, para las potencias, las fórmulas y el triángulo serían:

P en la R (W); $P = V_R \cdot I_T = R \cdot {I_T}^2$

Q en el C (VAR); $Q_C = V_C \cdot I_T = X_C \cdot {I_T}^2$

S total aparente (VA); $S = V_T \cdot I_T$

$\cos\varphi = \frac{P}{S};$

despejando $P = S \cdot \cos\varphi = V_T \cdot I_T \cdot \cos\varphi$

$\operatorname{sen}\varphi = \frac{Q_C}{S};$

despejando $Q_C = S \cdot \operatorname{sen}\varphi = V_T \cdot I_T \cdot \operatorname{sen}\varphi$

5 I ANALOGIA ENTRE O CIRCUITO ELÉTRICO RC E O BURACO NEGRO

Continuando com nossa analogia, podemos afirmar que um buraco negro é composto de energia real e energia imaginária, ou seja, possui um componente de massa Ma, associado à constante térmica resistiva (parte real) e um componente de massa Mr, associado à constante capacitiva, potencial gravitacional (parte imaginária).

Faremos um comentário, que posteriormente demonstraremos por meio de exemplos.

Se olharmos para a equação da temperatura de um buraco negro calculada por Stephen Hawking, T = (ћ x C^3) / (8π x K_B x G x M), intuitivamente vemos que à medida que a massa aumenta, a temperatura do buraco negro diminui (T_ε = 0), tudo indicaria que estamos certos. Mais tarde, mostraremos que, à medida que um buraco negro cresce em massa, ele também aumenta sua temperatura (T_G > 10^13 K) até atingir um ponto crítico de massa e temperatura limite em que o buraco negro explode e produz o que conhecemos como Big Bang. O que dissemos antes de que um buraco negro cresce em massa e temperatura está relacionado ao que mostramos anteriormente que um buraco negro para T > 10^13 K (kelvin), tem uma velocidade variável C_G que também aumenta quando a temperatura T_G aumenta.

T > 10^13 k (kelvin), dentro de um buraco negro.
E (Black Hole) = Ea - i Er
M (Black Hole) = Ma - i Mr

Conclusão nº 4:

Para T < 10^13 K, essa condição é dada para c = 300.000 km/s, a massa calculada (energia) tem apenas uma componente real e pode estar associada a perturbações no espaço-tempo que não produzem alongamento ou contração, só produz oscilação ou curvatura.

Para T > 10^13 K, essa condição ocorre dentro de um buraco negro onde C_G é maior que 300.000 km/s, a massa (energia) dentro de um buraco negro tem uma componente real e uma componente imaginária; a componente real está associada a processos físicos térmicos e a componente imaginária está associada à diferença de potencial gravitacional. Nesse caso, a massa (energia) produz modificações na estrutura do espaço-tempo (contração).

Para um corpo em repouso:

E = Ma x Cε^2 para	**T < 10^13 K, fora de um buraco negro.**
E = Ma x Cε ^2 - i Mr x Cε^2	**T > 10^13 K, dentro de um buraco negro.**

6 I CÁLCULO APROXIMADO DAS CONSTANTES DE PLANCK ASSOCIADAS AO COMPRIMENTO, TEMPO E TEMPERATURA, PARA C_G = 3 10^21 m/s

Vamos supor que a constante de Planck $h_\varepsilon = h_G = h$ = 6,62607004 10^-34 (m^2 x Kg/s)

Assumimos que são iguais para todas as condições de temperatura.

Para calcular o comprimento de Planck, usamos a seguinte equação:

$Lp_G = \sqrt{(h \times G / C_G max^3)}$

G = 6,67408 x 10^-11 (kg^-1 x S^-2) constante universal da gravitação.

K = 1,380649 10^-23 (J.k ^-1) Constante de Boltzmann

$Lp_G = \sqrt{\{6,62607004\ 10^{-34} \times 6,67408 \times 10^{-11} / (3 \times 10^{21})^3\}}$

$Lp_G = \sqrt{\{44,222921\ 10^{-45} / 27 \times 10^{63}\}}$

$Lp_G = \sqrt{(44,222921/27)}\ 10^{-108}$

Lp_G = 1,28 10^-54 m

V = e/t ----> t = e/v, t = 1,28 10^-54 / 3 x 10^21

tp_G = 0,426 10^-75 s

$Tp_G = \sqrt{\{hC^5 / Gk^2\}}$

$Tp_G = \sqrt{\{6,62607004\ 10^{-34} \times \{(3 \times 10^{21})^5\} / 6,67408 \times 10^{-11} \times (0,25\ 10^{-47})^2\}}$

$Tp_G = \sqrt{\{1,61\ 10^{74} / 0,41\ 10^{-105}\}}$

$Tp_G = \sqrt{0,39\ 10^{180}}$

Tp_G = 0,62 10^90 K

a) Constantes de Planck gravitacionais, dentro de um buraco negro.

$C_G max$ ≡ 3 x 10^21 m/s.
Lp_G ≡ 1,28 10^-54 m, longitude de Planck.
tp_G ≡ 0,426 10^-75 s, tempo de Planck.
Tp_G ≡ 0,62 10^90 K, temperatura de Planck.

b) Constantes de Planck eletromagnéticas.

$C\varepsilon$ = 3 x 10^8 m/s
$Lp\varepsilon$ = 1,616199 10^-35 m, longitude de Planck.
$tp\varepsilon$ = 5,39124 10^-44 s, tempo de Planck.
$Tp\varepsilon$ = 1,41679 10^32 K, temperatura de Planck.

Os valores calculados para Lp_G, tp_G, Tp_G e C_G, são aproximados, não são cálculos rigorosos.

Na seção a) calculamos as constantes gravitacionais para a velocidade C_G; para o comprimento Lp_G, o tempo tp_G e a temperatura Tp_G.

Na seção b) listamos as constantes eletromagnéticas de Planck já conhecidas para a velocidade $C\varepsilon$; para o comprimento $Lp\varepsilon$, para o tempo $tp\varepsilon$ e para a temperatura $Tp\varepsilon$.

É muito importante enfatizar que no domínio das quatro forças fundamentais ele é governado pelas constantes eletromagnéticas de Planck e a velocidade limite é c = 3 10^8 m/s.

Dentro de um buraco negro, dominado pelo campo de força gravitacional e pelo campo de força forte, as constantes gravitacionais de Planck são aplicadas e a velocidade limite é $C_G$max = 3 10^21 m/s. Dentro de um buraco negro não há campos de força eletromagnética e campos de força fracos que limitam a velocidade a C**ε** = 3 10^8 m/s.

7 I ANALOGIA ENTRE AS EQUAÇÕES DE POTÊNCIA EM UM CIRCUITO RC E ENERGIA EM UM BURACO NEGRO

P (W) = R x I^2 ---Ea = Ma x Cε^2
Q (VAR) = Xc x I^2 ---Er = Mr x Cε^2
S (VA) = (R x I^2) - i (Xc x I^2) -----------------------------Es = (Ma x Cε^2) - i (Mr x Cε^2)
R ≡ Ma
Xc ≡ Mr, Mc e Xc -----> f (w)
I ≡ C_G
Z = R - i Xc ---------------------------Ms = Ma - i Mr, Impedância do circuito
IZI = √ (R^2 + Xc^2) -----------------IMsI = √ (Ma^2 + Mr^2), módulo de impedância

8 I BREVE ANÁLISE DO TACHYON

Se analisarmos o tachyon na mecânica relativística clássica veremos que para que ele exista, a massa da partícula deve ser imaginária, então com o auxílio da seguinte equação:

$E = M \times C_\varepsilon^2$ para	**$T < 10^{13}$ k, fora BH**
$E = M_a \times C_\varepsilon^2 - i\, M_r \times C_\varepsilon^2$	**$T > 10^{13}$ k, dentro BH**

Podemos escrever a equação de energia do tachyon:

$* \; E = (M_r \times C_\varepsilon^2) / \sqrt{((C_G^2/C_\varepsilon^2) - 1)}$

Se analisarmos a equação de E, veremos que C_ε = 300.000 km/s é a velocidade mínima que um tachyon poderia ter e sua velocidade máxima corresponderia a C_Gmax = 3 10^21 m/s.

Para C_Gmax = 3 10^21 m/s

Emax = {Mr x (3 x 10^8)^2} / 10^13

Emax = (Mr x 9.10^16) / 10^13

Emax ≡ 9 x 10^3 Mr

Para $C_G = C_\varepsilon$ = 300.000 km/s, o valor de E = ∞, portanto, a velocidade do tachyon não pode atingir o valor de C_ε, a condição $C_G = C_\varepsilon$, a parte imaginária da equação de energia E desaparece.

Se analisarmos o tachyon do ponto de vista quântico, observamos que o potencial escalar corresponde a uma parábola invertida (m^2 < 0, massa imaginária) e tem seu máximo em t = 0, quando ocorre o Big Bang, e sua velocidade diminui até atingir um mínimo quando $C_G = C_\varepsilon$ = 300.000 km/s.

Ficou demostrado com a equação **$* \; E = (M_r \times C_\varepsilon^2) / \sqrt{((C_G^2/C_\varepsilon^2) - 1)}$**, a provável existência do Tachyon definida pela massa imaginária Mr e a velocidade C_Gmax.

9 I CÁLCULO DO FATOR DE ESCALA PARA A CONSTANTE DE BOLTZMANN

A constante de Boltzmann é definida da seguinte forma:

K_B = R/N donde R = 8,314 J / (K.mol) e N = 6,022 10^23 1/mol

K_B = 1,38 10^-23 J/K

N também é chamado de número de Avogadro e para 1 mol de carbono 12 há 6,022 10^23 átomos.

Dc12 = 1,5 10^-8 cm = 1,5 10^-10 m, diâmetro do átomo C12

- Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Dn = 0,8 10^-15 m, diâmetro do nêutron

- Rn = 0,4 10^-15 m, raio do nêutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 10^-15)^3 = 0,267 10^-45 m^3, volume do nêutron

D = Vc12 / Vn = 1,76 10^-30 / 0,267 10^-45 = 6,591 10^15, fator de escala para o nível do núcleo do átomo.

Cálculo da constante de Boltzmann quando trabalhamos no nível do núcleo do átomo.

KBn = KB / D = 1,38 10^-23 / 6,591 10^15 = 0,2094 10^-38 J/K

KBn = 0,2094 10^-38 J/K, constante de Boltzmann para escala do núcleo atômico

Cálculo da constante de Boltzmann ao trabalhar no nível de quark.

Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Rq = 0,43 10^-18 m, raio do quark

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo C12

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^-18)^3 = 0,33 10^-54 m^3

D = Vc12 / Vq = 1,76 10^-30 / 0,33 10^-54 = 5,33 10^24

D = 5,33 10^24

KBq = KB / D = 1,38 10^-23 / 5,33 10^24 = 0,25 10^-47 J/K

KBq = 0,25 10^-47 J/K, constante de Boltzmann escala nível do quark

No entanto, para calcular a constante de Boltzmann a ser usada em um nível prático nas equações, realizamos o seguinte cálculo:

T = 10^13 K.

M = 3 x 2 10^30 kg, corresponde a três massas solares.

Usamos a seguinte equação:

KBq = h x c^3 / 8 x π x T x G x M = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^13 x 6,67 10^-11 x 6 10^30

KBq = 179,01 10^-10 / 1005,30 10^32 = 0,178 10^-42 J/K

KBq = 1,78 10^-43 J/K, constante de Boltzmann que vamos usar no nível de quark

BURACOS NEGROS – CÁLCULOS ADICIONAIS

$C_G\,(T) = C_{Gmax}\,(1 - e^{-T/\tau})$, $C_{Gmax} = 3 \times 10^{21}$ m/s para $T > 10^{13}$ K (kelvin),

T (kelvin) $= \{(\hbar\, C^3) / (8 \times \pi \times K_B \times G \times M)\}$, Temperatura de Hawking de um buraco negro.

$R_s = (2 \times G \times M) / C^2$, Raio de Schwarzschild

$|M_s| = K\,|M_a|$

$|E_s| = K \times |E_a|$

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Com essas equações, vamos gerar a seguinte tabela:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6.00 10^30	0	6.00 10^30	5.40 10^47	0	5.40 10^47	8.89 10^3	8.89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6.00 10^35	6.00 10^39	6.00 10^39	5.40 10^52	5.40 10^56	5.40 10^56	8.89 10^8	8.89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6.00 10^41	6.00 10^51	6.00 10^51	5.40 10^58	5.40 10^68	5.40 10^68	8.89 10^14	8.89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6.00 10^43	6.00 10^57	6.00 10^57	5.40 10^60	5.40 10^74	5.40 10^74	8.89 10^16	8.89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6.00 10^44	6.00 10^62	6.00 10^62	5.40 10^61	5.40 10^79	5.40 10^79	8.89 10^17	8.89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3.00 10^47	3.00 10^67	3.00 10^67	2.70 10^64	2.70 10^84	2.70 10^84	4.44 10^20	4.44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2.00 10^53	2.00 10^77	2.00 10^77	1.80 10^70	1.80 10^94	1.80 10^94	2.96 10^26	2.96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4.05 10^54	3.64 10^79	3.64 10^79	3.64 10^71	3.28 10^96	3.28 10^96	6.00 10^27	6.00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1.20 10^56	1.20 10^82	1.20 10^82	1.08 10^73	1.08 10^99	1.08 10^99	1.59 10^30	1.59 10^30

Tabela 1

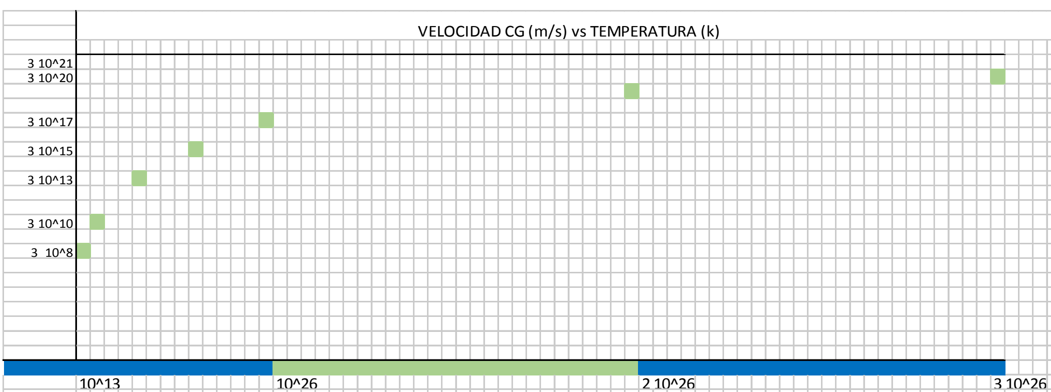


Figura 15

Comentando os resultados da Tabela 1, primeiro, vamos enunciar as condições iniciais:

- Temperatura inicial T = 10^13 K, esta temperatura foi escolhida levando-se em consideração a temperatura de Hagedorn, que corresponde a uma energia de

175 Mev, na qual a matéria ordinária após colidir em aceleradores de partículas atinge a temperatura de Hagedorn, produz uma mudança de fase e forma uma sopa de quark-glúon.

- Outra das condições iniciais que vamos considerar é a densidade de um buraco negro, para estrelas anãs brancas a densidade é da ordem de 10^9 kg/m^3; para estrelas de nêutrons, a densidade é da ordem de 10^17 kg/m^3, e para um buraco negro se formar a densidade teria que ser maior que 1,31 10^20 kg/m^3, e este valor surge usando-se o comprimento gravitacional característico Lg = GM/c^2, e está relacionado a Rs = 2GM /c^2. Isso implica que o raio de Lg é RLg = Lg / 2, que finalmente chegou ao raio da longitude característica e é igual a um quarto do raio de Schwarzschild; ou seja, RLg = Rs / 4.
- Quando o buraco negro é formado, a velocidade dos quarks e glúons atinge o valor de c = Cε = CG = 300.000 km/s, conforme o buraco negro cresce, a velocidade CG aumenta.

Depois de falar das condições iniciais, vamos comentar os resultados observados na Tabela 1:

- No momento inicial em que se forma um buraco negro, ou seja, para T = 10^13 K, CG = 3 10^8 m/s e a densidade maior que 1,31 10^20 kg /m^3, observa-se que a massa real Ma = 6 10^30 kg e a massa imaginária Mr = 0; não há massa imaginária porque naquele momento a velocidade CG = Cε = 3 10^8 m/s; Se observarmos para temperatura maior que 10^13 K, vemos que a velocidade CG é maior que 3 10^8 m/s, ou seja, vemos que Mr é diferente de zero (0), conforme a temperatura aumenta, a velocidade CG aumenta e também aumenta a massa imaginária Mr.
- Para temperatura T = 5 10^26 K, instante em que ocorre o Big Bang, vemos que a massa Ma = 1,20 10^56 kg e a massa Mr = 1,20 10^82 kg; descobrimos que a massa Mr = 10^26 Ma, ou seja, a massa imaginária é um fator 10^26 vezes maior do que a massa normal Ma.
- Para temperatura T = 5 10^26 K, instante em que ocorre o Big Bang, vemos que a energia Ea = 1,08 10^73 J e a energia Er = 1,08 10^99 J; ou seja, a energia imaginária é um fator de 10^26 vezes maior do que a energia ordinária Ma.
- A massa e energia total de um buraco negro é composta por uma parte real e uma parte imaginária, apenas consideramos a parte real da massa e energia de um buraco negro; A massa imaginária que não consideramos pode corresponder à matéria escura que procuramos. No próximo item, para a Via Láctea, vamos mostrar que a massa imaginária equivale à massa da matéria escura tão procurada pelos cientistas.
- Observamos também que o raio de Schwarzschild calculado com a massa Ma coincide com o raio de Schwarzschild calculado com a massa total Ms.
- Nos cálculos realizados nesta Tabela 1, é importante esclarecer o seguinte:

para todos os itens a mesma constante de Boltzmann foi usada, K_{Bq} = 1,78 10^-43 J/K.

1 I RELAÇÃO ENTRE A MASSA IMAGINÁRIA DE UM BURACO NEGRO E A MATÉRIA ESCURA

Nesta seção, vamos provar que a massa imaginária que aparece na equação de um buraco negro é a causa da existência da matéria escura tão procurada pelos cientistas, para isso, vamos usar os cálculos feitos na Tabela 1.

Massa do buraco negro de Sagitário A*:

Ma* = 4,5 10^6 M_φ = 4,5 x 10^6 x 1,98 10^30 kg

Ma* = 8,1 x 10^36 kg

Rs* = 6 milhões de quilômetros

Rs* = 6 x 10^6 x 10^3 m

Rs* = 6 x 10^9 m

Se formos para a Tabela 1, vemos que para Rs* = 6 x 10^9 m, e Ma* = 8,1 x 10^36 kg, corresponde aproximadamente uma temperatura T = 3 10^14 K(kelvin).

1 kpc = 3,1 10^19 m

i) Vamos calcular a velocidade V, entre 1 kpc e 50 kpc, levando em consideração a contribuição de todas as estrelas da galáxia e sem considerar a contribuição da massa imaginária.

V = √ (G x Mvl) / R

Para realizar esse cálculo, usamos a massa da Via Láctea Mvl = 1,7 10^41 kg, que inclui a massa do buraco negro Sagitário A*, sem considerar a massa imaginária.

R (kpc)	V (km/s)
1	604,791
5	270,471
10	191,251
20	135,235
30	110,419
50	85,53

Tabela 2

ii) Vamos calcular a velocidade V, entre 1 kpc até 50 kpc, levando em consideração

a contribuição de todas as estrelas da galáxia e a contribuição da massa imaginária Mr*, que existe em um buraco negro.

Ma* = 8,1 10^36 kg.

Para calcular o valor de Ma, vamos usar os valores da Tabela 1.

Extrapolando, usando a Figura 13, para uma massa Ma = 8,1 10^36 kg, assumimos que corresponde a uma temperatura de 3 10^14 K.

Usando a equação de Hawking T = hc^3/ 8πK_BGM, calculamos a velocidade C_G.

C_G = 10,30 10^10 m/s

Com essa velocidade calculamos Ms* = ????

Agora usamos a seguinte relação:

E1 = M1 x C1^2

E2 = M1 x C2^2

E2 = K x M1 x C1^2, C2^2 = k C1^2, C1 = 3 10^8 m/s, C2 = 10,30 10^10 e M1 = 8,1 10^36

E1 = 8,1 10^36 x 9 10^16

E2 = 8,1 10^36 x (10,30 10^10)^2 = 8,1 10^36 x 106 10^20

E2 = (106 / 9) 10^4 x 8,1 10^36 x 9 10^16

E2 = K E1, com k = 11,77 10^4

Ms* = k Ma*

Ms* = (11,77 10^4) x (8,1 10^36)

Ms* = 9,54 10^41 kg

Ms* = Mr* = 9,54 10^41 kg

Ms* = Ma* - i Mr*

IMs*I = IMr*I, Ma é desprezível em comparação com Mr*

Ma* <<< Mr*

Massa total da Via Láctea.

Mvl + Ms* = 1,7 10^41 kg + 9,54 10^41 kg = 11,24 10^41 kg = 5,62 10^11 Mϴ

Ms*(massa da matéria escura) = 5,61 Mvl (massa da Via Láctea)

O cálculo com esse valor de massa nos dá o seguinte resultado:

R (kpc)	V (km/s)
1	1432
5	640
10	452
20	319
30	261
50	202

Tabela 3

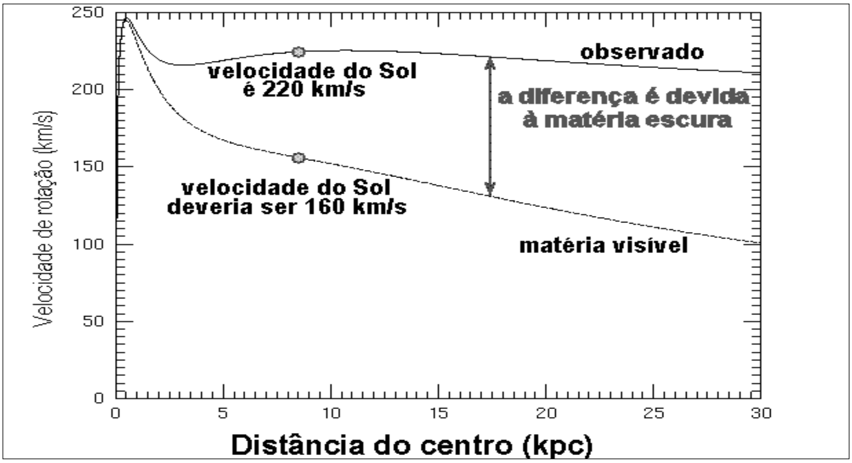


Figura 16

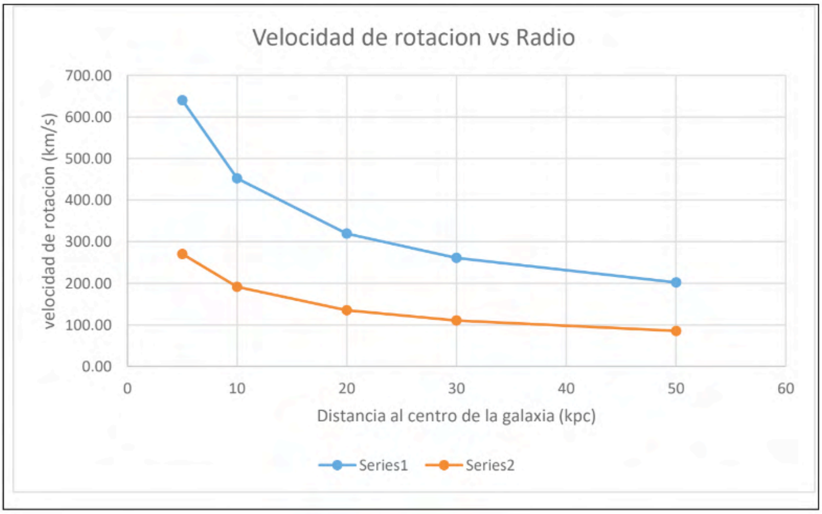


Figura 17

Comparando a Tabela 3, com a Tabela 2 e considerando a massa total Ms* do buraco negro, ou seja, a massa real Ma e sua massa imaginária Mr, observamos que

os valores da tabela seguem a tendência indicada na Figura 16, o que indicaria que no buraco negro estaria a massa de matéria escura procurada, e esta é uma alternativa muito importante a ser considerada pelos cientistas.

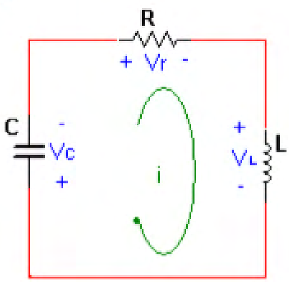
Mais à frente faremos um estudo muito mais sério e profundo para terminar de entender essa questão e também apresentar gráficos muitos mais completos.

ANÁLISE DO CIRCUITO RLC (CONVOLUÇÃO DO BIG BANG COM O ESPAÇO-TEMPO)

Anteriormente estudamos o circuito RC série/paralelo e dissemos que ele representava o diagrama elétrico de um buraco negro. Também analisamos a resposta ao impulso para obter sua resposta de saída e descrevemos seu comportamento no domínio do tempo e no domínio da frequência (espectro de amplitude e espectro de fase).

Agora vamos realizar a mesma análise e vamos considerar o circuito RLC série/paralelo, como a convolução de um buraco negro com o espaço-tempo que o rodeia (universo). Também vamos analisar a resposta ao impulso do sistema e descrever o sinal de saída no domínio do tempo e no domínio da frequência (espectro de amplitude e espectro de fase).

Circuito RLC en serie sin fuente



Aplicando LVK en la malla, tenemos:

$$V_c+V_r+V_L=0$$

$$\frac{1}{C}\int i\,dt + Io + Ri + L\frac{di}{dt} = 0$$

Derivando una vez más, con respecto a t:

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0$$

Usando el operador 's', tenemos:

$$\left(s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}\right)i = 0$$

Las soluciones son:

$$s_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \quad \text{y} \quad s_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

Donde s1 y s2 se miden en Nepers [Np]. Más generalmente podemos afirmar lo siguiente:

- $\alpha = \frac{R}{2L}$.- Frecuencia de Neper o factor de amortiguamiento $\left[\frac{Np}{s}\right]$
- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.- Frecuencia de resonancia o frecuencia natural no amortiguada $\left[\frac{rad}{s}\right]$
- ${\omega_d}^2 = {\omega_0}^2 - \alpha^2$.- Frecuencia de amortiguamiento

En consecuencia, las soluciones se simplifican a lo siguiente:

$$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2} \quad \text{y} \quad s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

Dependiendo de α y ω_0, se tendrán los distintos tipos de respuestas:

1) CASO AMORTIGUADO ($\alpha > \omega_0$).- s1, s2 son reales y diferentes. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

2) CASO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO ($\alpha = \omega_0$).- s1, s2 son reales e iguales. La solución de la ecuación diferencial es:

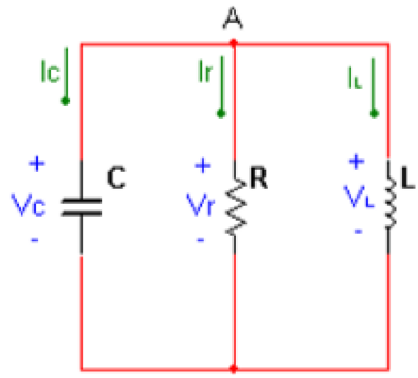
$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 t e^{s_2 t}$$

3) CASO SUBAMORTIGUADO ($\alpha < \omega_0$).- s1, s2 son imaginarias y diferentes, de la forma $-\alpha \pm j\omega_d$. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = e^{-\alpha t}\left(B1 * \cos(\omega_d) + B2 * \sin(\omega_d)\right)$$

Para todos os casos, as constantes A1, A2 (e B1, B2) são encontradas pelas condições iniciais do circuito. (Aqui está o interesse em encontrar essas condições). Para isso, x(0) é igualado à solução da equação diferencial em que t = 0 é feito, obtendo-se assim uma primeira equação linear. Então d[x(0)] / dt é igual à primeira derivada da solução da equação diferencial na qual t = 0 é feito, resultando em uma segunda equação linear. Resta resolver esse sistema de 2 equações com duas incógnitas, A1 e A2 (B1 e B2).

Circuito RLC en paralelo sin fuente



Aplicando LCK en el nodo A, tenemos:

$$Ic+Ir+I_L=0$$

$$C\frac{dV}{dt}+\frac{V}{r}+\frac{1}{L}\int Vdt+Vo=0$$

Derivando una vez más con respecto a t:

$$C\frac{d^2V}{dt^2}+\frac{1}{R}\frac{dV}{dt}+\frac{V}{L}=0$$

$$\frac{d^2V}{dt^2}+\frac{1}{RC}\frac{dV}{dt}+\frac{V}{LC}=0$$

Usando el operador 's', tenemos:

$$\left(s^2+\frac{1}{RC}s+\frac{1}{LC}\right)V=0$$

Las soluciones son:

$$s_1=-\frac{1}{2RC}+\sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2-\frac{1}{LC}} \quad \text{y} \quad s_2=-\frac{1}{2RC}-\sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2-\frac{1}{LC}}$$

Donde s1 y s2 se miden en Nepers [Np]. Más generalmente podemos afirmar lo siguiente:

- $\alpha = \frac{1}{2RC}$.- Frecuencia de Neper o factor de amortiguamiento $\left[\frac{Np}{s}\right]$
- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.- Frecuencia de resonancia o frecuencia natural no amortiguada $\left[\frac{rad}{s}\right]$
- ${\omega_d}^2 = {\omega_0}^2 - \alpha^2$.- Frecuencia de amortiguamiento

En consecuencia, las soluciones se simplifican a lo siguiente:

$$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2} \quad \text{y} \quad s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

Dependiendo de α y ω_0, se tendrán los distintos tipos de respuestas:

1) CASO AMORTIGUADO ($\alpha > \omega_0$).- s1, s2 son reales y diferentes. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

2) CASO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO ($\alpha = \omega_0$).- s1, s2 son reales e iguales. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 t e^{s_2 t}$$

3) CASO SUBAMORTIGUADO ($\alpha < \omega_0$).- s1, s2 son imaginarias y diferentes, de la forma $-\alpha \pm j\omega_d$. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = e^{-\alpha t}\left(B1 * cos(\omega_d) + B2 * sin(\omega_d)\right)$$

Para todos os casos, as constantes A1, A2 (e B1, B2) são encontradas pelas condições iniciais do circuito. (Aqui está o interesse em encontrar essas condições). Para isso, x(0) é igualado à solução da equação diferencial em que t = 0 é feito, obtendo-se assim uma primeira equação linear. Então d[x(0)] / dt é igual à primeira derivada da solução da equação diferencial na qual t = 0 é feito, resultando em uma segunda equação linear. Resta resolver este sistema de 2 equações com duas incógnitas, A1 e A2 (B1 e B2).

30.16 Gráficas de la carga en el capacitor como función del tiempo en un circuito en serie *L-R-C* con carga inicial *Q*.

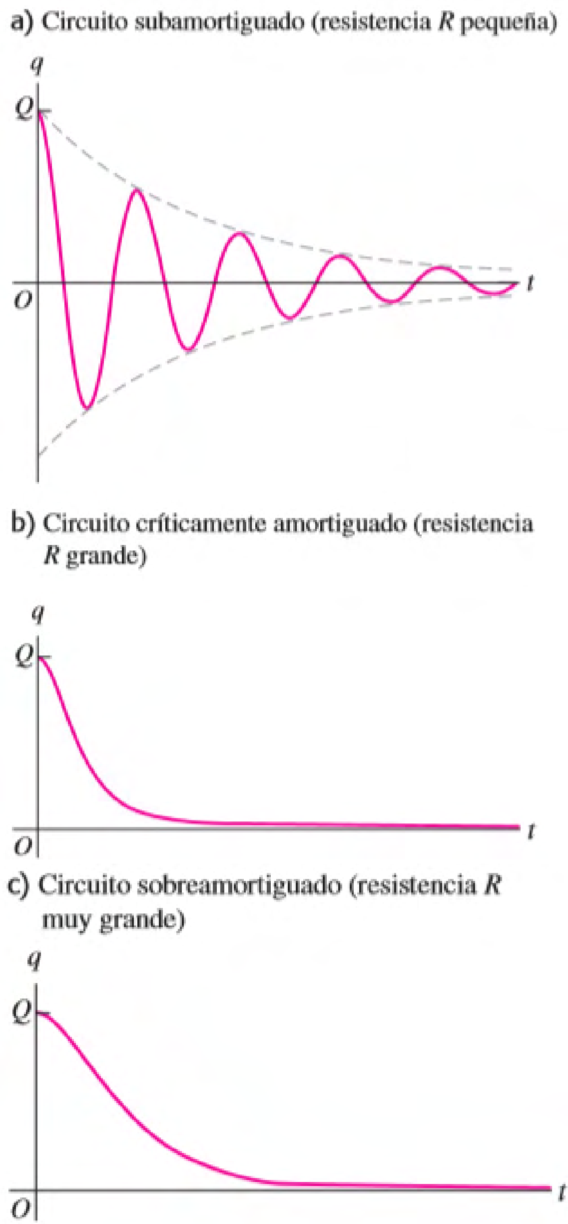


Figura 18

Para um circuito RLC em série, na Figura 18, observa-se como a carga Q do capacitor varia em função do tempo. Podemos interpretar isso como a resposta do potencial gravitacional (potencial escalar do campo de Higgs !!!!) do Big Bang em função do tempo.

Isso é muito importante, podemos estar definindo o potencial escalar do campo de Higgs e sua resposta dependerá do componente real R, ou seja: R definirá se o sistema está subamortecido, criticamente amortecido ou superamortecido.

A reatância indutiva XL, análoga ao universo existente no qual o buraco negro explode, no circuito RLC é uma descrição da fem autoinduzida que se opõe a qualquer mudança na corrente através do indutor. Podemos interpretar isso e dizer que quando o Big Bang é produzido, ele não o faz em um vácuo virtual (nada), ou seja, existe um espaço-tempo (universo) que interage com o Big Bang e se observarmos o espectro de fases da Figura 19, vemos que a fase vai de +90 graus para frequências próximas de 0 Hz a -90 graus conforme a frequência se aproxima do infinito. A diferença de fase +90 graus a -90 graus, nos diz que existe um atraso no tempo (corresponde a um atraso no deslocamento) que é variável em função da frequência, ou seja, está nos dizendo que a partir do instante t = 0 que ocorre o Big Bang, a expansão do espaço-tempo (inflação), não é a mesma em todas as direções.

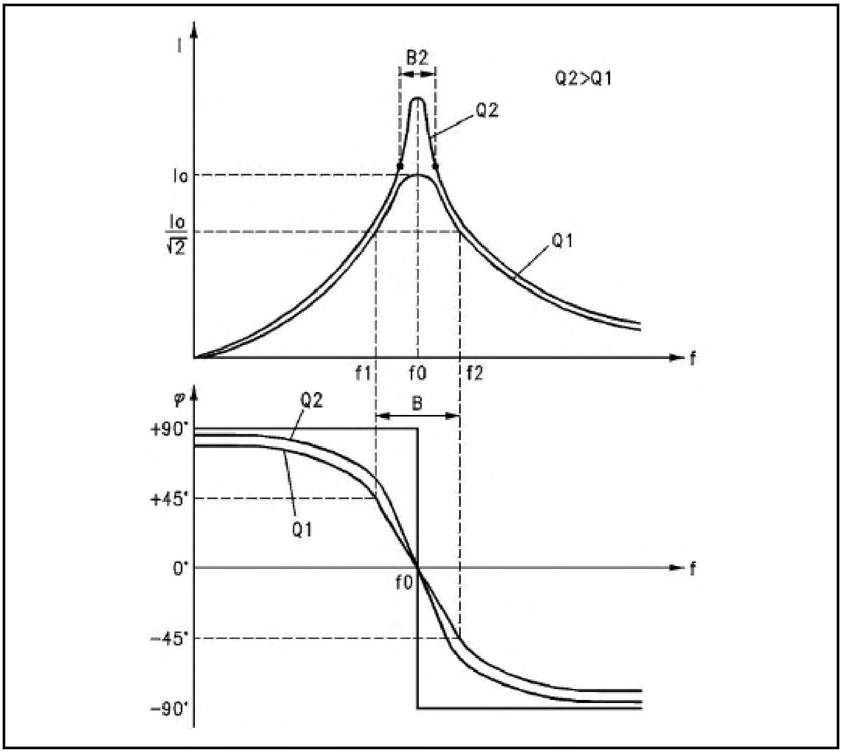


Figura 19 – Curvas de ressonância de um circuito RLC em série.

Agora, como exemplo, vamos analisar um circuito mais real do meu ponto de vista, onde o buraco negro é representado por uma resistência R em paralelo com a capacitância C, ou seja, R // C, e esta por sua vez é série com indutância L, que representaria nosso universo existente. Os valores de R, C e L são arbitrários.

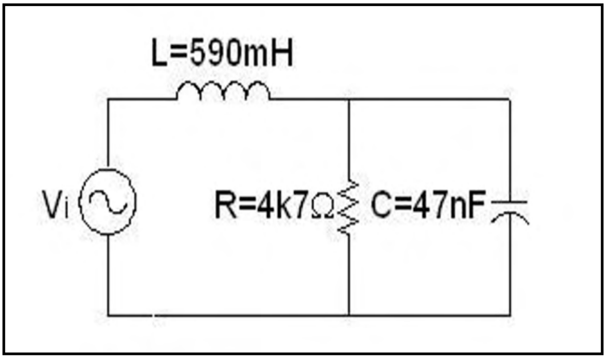


Figura 20 – circuito RLC.

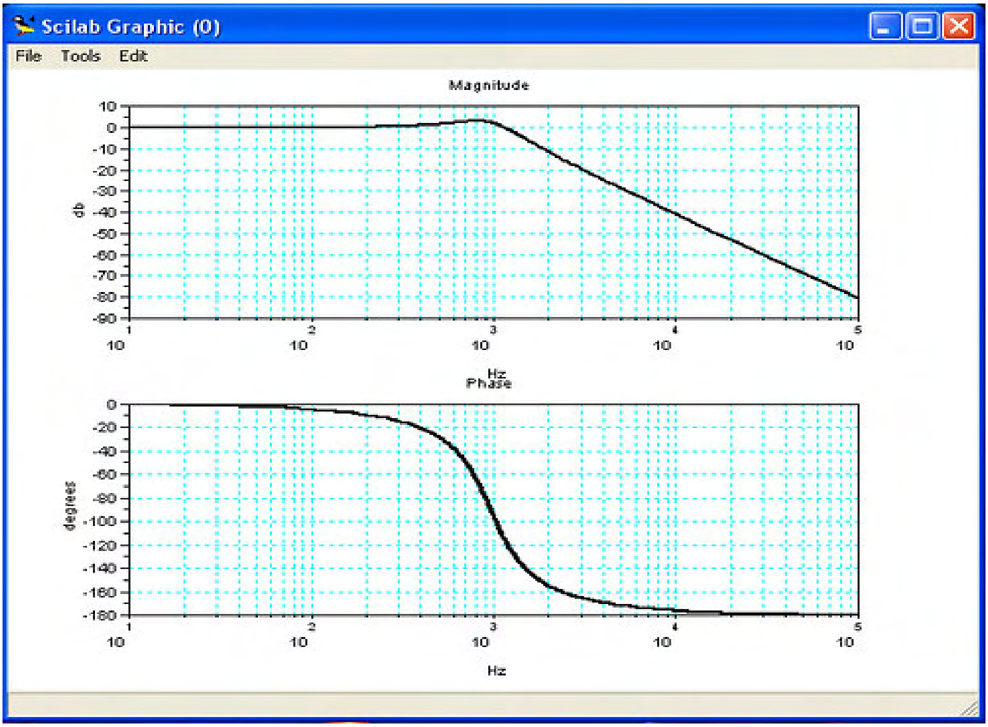


Figura 21

Analisando o espectro de amplitude (diagrama de Bode) no domínio das frequências vemos que o sistema (expansão do espaço-tempo ou inflação) se comporta como um circuito passa-baixas, ou seja, deixa passar as frequências baixas e atenua as altas.

Analisando o espectro de fase, vemos que ele varia de 0 graus a -180 graus conforme a frequência aumenta e isso indicaria que o universo a partir do instante t = 0, não se expande da mesma forma em todas as direções.

EQUAÇÃO DE ONDAS DO UNIVERSO E(T) – ONDAS GRAVITACIONAIS

1 I E(T) – ONDAS GRAVITACIONAIS PARA UM CIRCUITO RLC PARALELO CRITICAMENTE AMORTECIDO

Vamos encontrar uma solução para o circuito RLC, para um sistema criticamente amortecido, ou seja, vamos calcular como a energia do universo varia em função do tempo E(t). Para realizar esses cálculos, usaremos os valores da Tabela 1.

Vamos considerar que no tempo $t = 0^{-}$, o buraco negro está prestes a explodir.

$V(0)^{-}$ = 1,08 10^73 v

I(0)r = I(0)c = 3 10^21 m/s

λ = 1.000.000 anos-luz = 10^6 x 9,46 10^15 m

λ = 9,46 10^21 m

c = λ x f, f = c/λ, f = 3 10^21 / 9,46 10^21 = 0,317 Hz

f = 0,317 Hz

W = 2.π.f = 2 x 3,14 x 0,317 = 2 Hz

W = 2,00 rad/s

Cálculo do valor da resistência R.

V(0) = I(0) x R, R = V(0) / I(0) = 1,08 10^73 / 3 10^21

- ***R = 0,36 10^52 = 3,60 10^51 Ω***

Cálculo do valor da capacitância C.

V(0) = I(0) x Xc = I(0) / W x C, C = I(0) / V(0) x W = 3 10^21 / 1,08 10^73 x 2,00

C = 3 10^21 / 2,16 10^73 = 1,38 10^-52 F

- ***C = 1,38 10^-52 F***

Cálculo do fator de amortecimento α.

α = 1 / 2RC = 1 / 2 x 3,60 10^51 x 1,38 10^-52 = 1 / 10 10^-1

- ***α = 1***

Wo = 1 / √(L x C, frequência natural não amortecida).

Para um circuito criticamente amortecido, a seguinte relação deve ser cumprida:

α = Wo = 1 / √(L x C)

Resolvendo para L, temos.

L = 1 / Wo² x C = 1 / 1 x 1,38 10^-52 = 1 / 1,38 10^-52 = 0,72 10^52

- ***L = 7,2 10^51 Hy***

Para um circuito com amortecimento crítico, a solução geral é:

$V(t) = e^{-\alpha t} (A1 + A2 \times t)$

i) Vamos calcular V(0).

V(0) = 0, condição inicial.

V(0) = A1

- A1 = 0, primeira solução.

ii) Vamos a calcular dV(0)/dt = ?

$V(t) = A1 \times e^{-\alpha t} + A2 \times t\, e^{-\alpha t}$

$dV(t)/dt = -\alpha \times A1 \times e^{-\alpha t} + A2 \times e^{-\alpha t} – A2 \times \alpha \times t \times e^{-\alpha t}$

$dV(0)/dt = -\alpha \times A1 + A2$ como A1 = 0, então:

dV(0)/dt = A2

Também temos o seguinte relacionamento:

IR + IL + IC = 0

CdV/dt + V/R + (1/L)/V dt = 0, IL(0) = 0

CdV(0)/dt = V/R

dV(0)/dt = V/RC

$dV(0)/dt = 1{,}08\ 10^{73} / (3{,}60\ 10^{51} \times 1{,}38\ 10^{-52}) = 1{,}08\ 10^{73} / 4{,}96\ 10^{-1}$

$dV(0)/dt = 0{,}21\ 10^{74} = A2$

- $A2 = 2{,}1\ 10^{73}$

$V(t) = e^{-\alpha t} (A1 + A2\, t)$

$V(t) = 2{,}1\ 10^{73}\, t\, e^{\alpha t}$

$E(t) = 2{,}1\ 10^{73}\, t\, e^{-\alpha t} + E0$

Essa equação representa a variação da energia do Big Bang em função do tempo.

E0 é a energia que o espaço tinha quando ocorreu o Big Bang.

Por exemplo, para uma temperatura de 2,7 K, o espaço tem uma energia $E0 = 3{,}72\ 10^{-23}$ J.

Dissemos que o Big Bang ocorre quando um buraco negro explode, isso pressupõe que o universo tenha uma dada temperatura T0, ou seja, uma energia E0 no momento da explosão.

Essa analogia também poderia ser explicada na exploração de petróleo, no momento t0 ocorre a explosão de carga e o geofone que registra o sinal marca 400 milivolts, mas após um tempo definido, o mesmo geofone marca 1 microvolts que é valor mínimo que pode ser registrado como sinal, abaixo desse valor o sinal se mistura com o ruído ambiente e fica impossível distingui-lo, como é o caso da energia do Big Bang e da energia E0 do universo existente.

- Vamos a calcular E(t) para t = 10^-10 s

E (t) = (2,1 10^73) x (10^-10) x (e^- (10^-10))

= 2,1 10^63 x (1 / e^ (10^-10))

= 2,1 10^63 x (1/1)

E (t) = 2,1 10^63 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 0 s

E (t) = (2,1 10^73) x (e^0)

= (2,1 10^73) x 1

E (t) = 2,1 10^73 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 1 s

E (t) = (2,1 10^73) x (1) x (e^- (1))

= 2,1 10^73 x (1/e)

E (t) = 0,75 10^73 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 10 s

E (t) = (2,1 10^73) x (10) x (e^- (10))

E (t) = (2,1 10^73) x (1/e^10)

E (t) = (2,1 10^73) x (0,000045)

E (t) = 9,45 10^-4 x 10^73

E (t) = 9,5 10^69 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 60 s

E (t) = (2,1 10^73) x (60) x (e^- (60))

E (t) = (126 10^73) x (1/e^60)

E (t) = (63 10^73) x (8,7 10^-27)

E (t) = 548,1 x 10^-27 x 10^73

E (t) = 548,1 10^46

E (t) = 5,48 10^48 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 180 s

E (t) = (2,1 10^99) x (180) x (e^- (180))

E (t) = (378 10^99) x (1/e^180)

E (t) = (378 10^99) x (0,67 10^-78)

E (t) = 253,26 10^21 J

- Vamos a calcular E(t) para t = 210 s

  E (t) = (2,1 10^73) x (210) x (e^- (210))

  E (t) = (441 10^73) x (1/e^210)

  E (t) = (441 10^73) x (0,62 10^-91)

  E(t) = 273,42 10^-18 J

  T = E/K = 273,42 10^-18 / 1,38 10^-23 = 198,13 10^5 = 1,98 10 10^7

  T = 1,98 10 10^7 K

- Vamos a calcular E(t) para t = 230 s

  E (t) = (2,1 10^73) x (230) x (e^- (230))

  E (t) = (483 10^73) x (1/e^230)

  E (t) = (483 10^73) x (0,12 10^-99)

  E (t) = 57,96 10^-26 J

  T = E/K = 57,96 10^-26/ 1,38 10^-23 = 42,00 10^-3

  T = 4,20 10^-2 K

Conforme visto nos cálculos, para um tempo maior que t = 230 s, o universo está em equilíbrio.

O circuito RLC paralelo criticamente amortecido, não satisfaz as condições de nosso universo.

2 I E(T) – ONDAS GRAVITACIONAIS PARA UM CIRCUITO RLC PARALELO AMORTECIDO

Vamos encontrar uma solução para o circuito RLC para um sistema amortecido (α > Wo), ou seja, vamos calcular como a energia do universo varia em função do tempo E(t). Para realizar esses cálculos, usaremos os valores da Tabela 1.

Vamos considerar que no tempo $t = 0^-$, o buraco negro está prestes a explodir.

$V(0)^-$ = 1,08 10^73 v

I(0)r = I(0)c = 3 10^21 m/s

λ = 1.000.000 anos-luz = 10^6 x 9,46 10^15 m

λ = 9,46 10^21 m

c = λ x f, f = c/λ, f = 3 10^21 / 9,46 10^21 = 0,317 Hz

f = 0,317 Hz

W = 2.π.f = 2 x 3,14 x 0,317 = 2

$W = 2{,}00$ rad/s

Cálculo do valor da resistência R.

V (0) = I (0) x R, R = V (0) / I (0) = 1,08 10^73 / 3 10^21

- ***R = 3,60 10^51 Ω***

Vamos calcular o número de segundos em 380.000 anos.

- ***t = 11,81 10^12 s***

Vamos a considerar α = 55 10^9 Wo

- ***α =** 110 10^9*

W = Wo = 2,00 rad/s; a frequência fundamental é igual à frequência ressonante.

α = 1 / 2RC

C = 1 / 2Rα = 1 / 2 x 3,60 10^51 x 110 10^9 = 1 / 792 10^60 = 0,00126 10^-60

- ***C = 1,26 10^-63 F***

Wo^2 = 1 / LC, L = 1 / Wo^2 x C = 1 / 4 x 1,26 10^-63 = 1 / 5,04 10^-63 = 0,19 10^63

- ***L = 1,98 10^62 Hy***

S1 = -α + √ ($α^2$ - Wo^2)

- ***S1 = - 1,81 10^-11***

S2 = -α - √ ($α^2$ - Wo^2)

- ***S2 = -2,19 10^11***

V(t) = A1 e^ (-1,81 x 10^-11 t) + A2 e^ (-2,19 x 10^11 t)

Vamos a calcular os valores de A1 e A2.

- Vamos calcular V(0).

  V (t) = A1 e^ (-1,81 x 10^-11 t) + A2 e^ (-2,19 10^11 t)

  V (0) = A1 + A2 = 0

  A1 = - A2

- Vamos calcular dV(0)/dt = ?

  V (t) = A1 e^ (-1,81 x 10^-11 t) + A2 e^ (-2,19 10^11 t)

  dV(t)/dt = - 1,81 10^-11 x A1 x e^-1,81 10^-11 t -2,19 10^11 x A2 x e^-2,19 10^11 t

  dV(0)/dt = - 1,81 10^-11 x A1 - 2,19 10^11 x A2

- Vamos calcular dV(0)/dt = ?

  IR + IC + IL = 0; Para t = 0, IL = 0 então fica:

V/R + CdV(t)/dt = 0

dV(0)/dt = V/RC = 1,08 10^73/ 3,60 10^51 x 1,26 10^-63

dV(0)/dt = 1,08 10^73 / 4,53 10^-12 = 0,238 10^85

dV(0)/dt = 2,38 10^84

- 1,81 10^-11 x A1 - 2,19 10^11 x A2 = 2,38 10^74, substituindo A1 = -A2

1,81 10^-11 x A2 - 2,19 10^11 x A2 = 2,38 10^74, 1,81 10^-11 x A2 é despreciavel.

- 2,19 10^11 x A2 = 2,38 10^74

A2 = - 2,38 10^84 / 2,19 10^11 = - 1,08 10^73

A2 = - 1,086 10^73

A1 = + 1,086 10^73

E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (1,81 10^-11 t)} - 1,08 10^73 {e^ - (2,19 10^11 t)} + Eo

Essa equação representa a variação da energia E(t) em função do tempo. Essa equação também representa o espectro de ondas gravitacionais gerada na era da inflação do Big Bang.

- Vamos calcular E(t) para t = 0 s

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (1,81 10^-11 t)} - 1,08 10^73 {e^ - (2,19 10^11 t)}

  E (0) = 0 J

- Vamos calcular E(t) para t = (1/1,81) 10^11 s

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (1,81 10^-11 t)} - 1,08 10^73 {e^ - (2,19 10^11 t)}

  E (t) = 1,08 10^73 e^-1 = 0,397 10^73 joules

  E (t) = 0,397 10^73 J

- Vamos calcular E(t) para t = (1/2,19) 10^-11 s

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (1,81 10^-11 t)} - 1,08 10^73 {e^ - (2,19 10^11 t)}

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (0,82 10^-22)} - 1,08 10^73 {e^- 1}

  E (t) = 1,08 10^73 - 0,397 10^73 = 0,68 10^73

  E (t) = 0,68 10^73 J

- Vamos calcular E(t) para t = 11,81 10^12 s, (380.000 anos)

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (1,81 10^-11 t)} – 1,08 10^73 {e^ - (2,19 10^11 t)}

  E (t) = 1,08 10^73 {e^ - (213)}

  E (t) = 1,08 10^73 / 3,19 10^92 = 0,33 10^-19 J

  T = E/K = 0,33 10^-19 / 1,38 10^-23 = 0,239 10^4 = 2390 k

Aproximadamente a temperatura da radiação cósmica de fundo CMB.

t (seg)	E (joules)	E (joules)
4,50E-20	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-19	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-18	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-17	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-16	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-15	-1,07E+73	1,08E+73
4,50E-12	-3,90E+72	1,08E+73
4,50E-11	-4,89E+68	1,08E+73
4,50E-10	-4,00E+29	1,08E+73
4,50E-09	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-08	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-07	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-06	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-05	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-04	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-03	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-02	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-01	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+00	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+01	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+02	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+03	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+04	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+05	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+06	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+07	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+08	0,00E+00	1,06E+73
5,50E+09	0,00E+00	9,70E+72
5,50E+10	0,00E+00	3,90E+72
5,50E+11	0,00E+00	4,89E+68
5,50E+12	0,00E+00	4,00E+29
5,50E+13	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 4 – Representa a variação da energia E(t) separadas em função do tempo

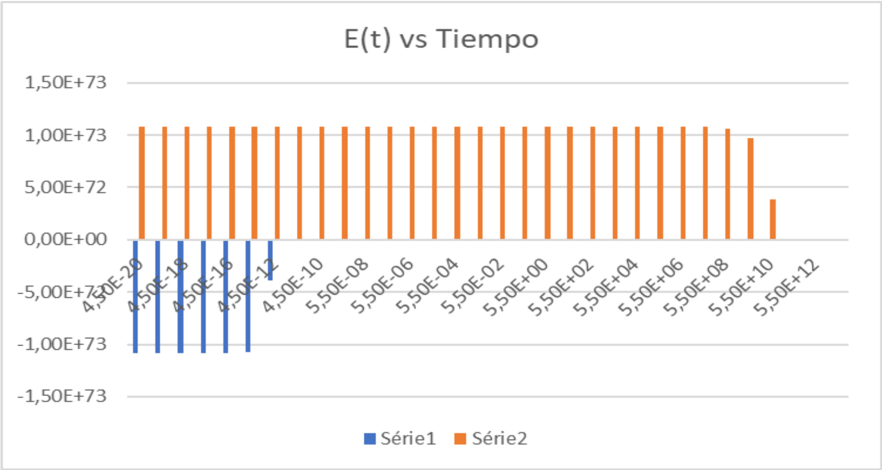


Figura 22 – Representa a variação da energia E(t) separada em função do tempo.

t (seg)	E (joules)
4,50E-20	0,00E+00
4,50E-19	0,00E+00
4,50E-18	0,00E+00
4,50E-17	0,00E+00
4,50E-16	0,00E+00
4,50E-15	0,00E+00
4,50E-14	0,00E+00
4,50E-13	4,00E+29
4,50E-12	4,89E+68
4,50E-11	3,90E+72
4,50E-10	9,70E+72
4,50E-09	1,08E+73
5,50E-08	1,08E+73
5,50E-07	1,08E+73
5,50E-06	1,08E+73
5,50E-05	1,08E+73
5,50E-04	1,08E+73
5,50E-03	1,08E+73
5,50E-02	1,08E+73
5,50E-01	1,08E+73
5,50E+00	1,08E+73
5,50E+01	1,08E+73
5,50E+02	1,08E+73
5,50E+03	1,08E+73
5,50E+04	1,08E+73

5,50E+05	1,08E+73
5,50E+06	1,08E+73
5,50E+07	1,08E+73
5,50E+08	1,06E+73
5,50E+09	9,70E+72
5,50E+10	3,90E+72
5,50E+11	4,89E+68
5,50E+12	4,00E+29
5,50E+13	0,00E+00

Tabela 5 – Representa a mudança na energia total E(t) em função do tempo

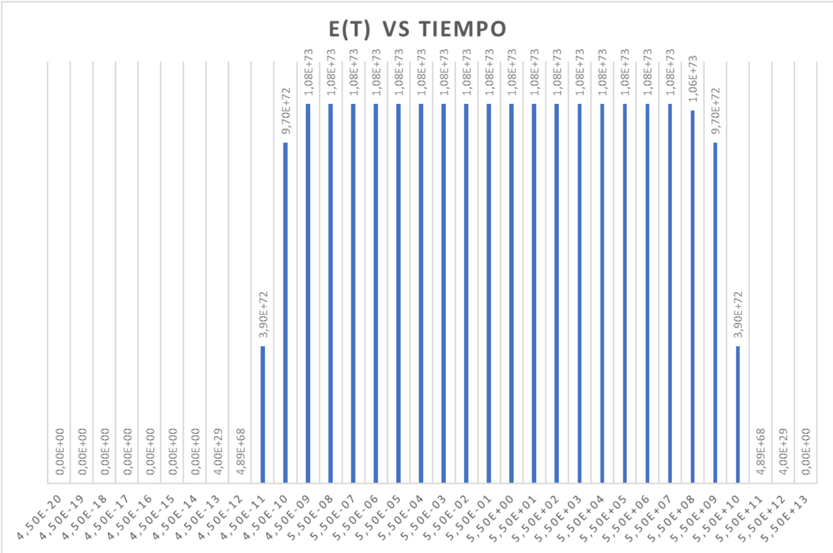


Figura 23 – Representa a mudança na energia total E(t) em função do tempo.

Se analisarmos a Tabela 5 e a Figura 23, pode-se ver que para t = 10^-14 seg, o buraco negro explode e a energia começa a aumentar até atingir um máximo em t = 10^ -9 seg, a partir daí, a energia permanece constante até aproximadamente t = 10^8 seg (aproximadamente 3,21 anos). De t = 10^8 s, a energia começa a diminuir até atingir um mínimo (3 K) em t = 1,22 10^13 s.

Também foi calculado para t = 11,81 10^12 s, (380.000 anos), a energia do espaço – tempo, E(t) = 0,33 10^-19 J, que corresponde a uma temperatura aproximada de T = 2390 K.

Quando um buraco negro é formado, por exemplo, para uma estrela de 20 massas solares, o buraco negro formado teria um raio de 8,89 km e uma massa de 3Ɵ (três sóis), ou seja, as 17 massas solares restantes são perdidas na explosão de Super Nova. Também vamos enfatizar novamente que nessa explosão, o buraco negro perde toda a energia

do campo de força eletromagnética e do campo de força fraca, ou seja, a massa dos 3 sóis que o constituem seria formada por uma sopa de quarks e glúons envolvidos em um espaço-tempo com raio de 8,89 km e massa equivalente a 3ϴ, dentro de um buraco negro permanecem apenas o campo de força forte e o campo de força gravitacional.

É muito importante analisar que a formação de um buraco negro produz uma contração do espaço-tempo.

Por exemplo, para o sol, a contração seria da seguinte ordem:

Raio do sol = 696.340 km

Rs = 3 km

$V_s = 4\pi R^3/3 = 4 \times 3,14 \times (6,9610^8)^3 / 3 = 1411,54\ 10^{24}$

$V_{BH} = = 4 \times 3,14 \times (3\ 10^3)^3 / 3 = 113,04\ 10^9$

$V_s / V_{BH} = 1411,54\ 10^{24} / 113,04\ 10^9 = 12,48\ 10^{15}$, em três dimensões.

De acordo com os cálculos efetuados, o fator de contração volumétrica é da ordem de $12,48\ 10^{15}$ vezes, ou seja, um fator de 10^5 vezes em cada eixo dimensional (X, Y, Z). Quando um buraco negro explode, espera-se que o espaço-tempo recupere essa contração.

Vamos realizar os cálculos para determinar se a expansão do espaço-tempo após a explosão de um buraco negro é da ordem da contração para a formação do referido buraco negro.

Também diremos que a velocidade de expansão do espaço-tempo, após a explosão, corresponde à velocidade de $V = 3\ 10^{21}$ m/s, até um tempo $t = 1,22\ 10^{13}$ seg.

$V = E / T$, isso implica que $E = V \times T$

$E = 3\ 10^{21} \times 1,22\ 10^{13} + 3\ 10^{21} \times 4,5\ 10^{-14} = 3,66\ 10^{34}$ m + $13,5\ 10^7$ m

$E = 3,66\ 10^{34}$ m

Agora vamos dividir a expansão do espaço calculada anteriormente, com o raio de Schwarzschild dado na Tabela 1, para uma velocidade $v = 3\ 10^{21}$ m/s

$Fe = E / Rs = 3,66\ 10^{34}$ m $/ 1,59\ 10^{30} = 2,30\ 10^4$

Podemos concluir que o fator de expansão Fe do espaço-tempo após a explosão de um buraco negro é levemente menor, é da ordem da contração do espaço-tempo para a formação do referido buraco negro, e é da ordem de 10^5 vezes em uma dimensão e da

ordem de 10^15 vezes em 3 dimensões aproximadamente.

3 I MODELO LAMBDA-CDM VS MODELO RLC AMORTECIDO

Para começar a falar sobre o modelo Lambda-CDM, vamos primeiro definir o conceito de isotropia e homogeneidade.

Isotropia: características de certos meios cujas propriedades físicas são as mesmas, qualquer que seja a direção em que as medições são feitas. Do ponto de vista óptico, característica de um meio que possui o mesmo índice de refração em todas as direções.

Homogêneo: Uma mistura ou substância homogênea, exibindo, portanto, composição e estrutura uniformes.

O modelo Lambda-CDM é um modelo isotrópico e homogêneo e usa a métrica FLRW como uma primeira aproximação para determinar a expansão e contração do universo.

A métrica FLRW é uma solução exata da equação de campo da relatividade geral de Einstein.

Lambda-CDM, onde Lambda está relacionado à energia escura e o CDM (*Cold Dark Mather*) está relacionado à matéria escura.

O modelo Lambda-CDM assume que o universo nasceu de um ponto infinitesimal de densidade infinitamente grande (uma singularidade). Nesse modelo, o espaço-tempo é governado pela métrica FLRW; é um modelo onde a inflação cósmica, a energia escura e a matéria escura são apresentadas. Nesse modelo, o espaço-tempo é isotrópico e homogêneo.

O modelo RLC amortecido é um modelo que assume que nosso universo (universo local) nasceu da explosão de um buraco negro cuja energia se expande em um universo existente. Nesse modelo, o espaço-tempo que determina a evolução do universo, é representado por uma equação diferencial de segundo grau. É um modelo anisotrópico e homogêneo. É anisotrópico porque, ao contrário do modelo Lambda-CDM, onde o espaço-tempo se expande da mesma maneira em todas as direções, governado pela métrica FLRW, no modelo RLC amortecido, o espaço-tempo não se expande simetricamente em todas as direções. Se analisarmos o espectro de fase no domínio da frequência, observa-se que a expansão do espaço-tempo é assimétrica e dependente da frequência e do tempo. Essa assimetria é possivelmente a causa das discrepâncias encontradas no valor da constante de Hubble. Devemos dizer também que, nesse modelo, a matéria escura está relacionada à massa imaginária de um buraco negro que resulta da suposição de que a velocidade do campo de quarks e glúons é maior que c = 300.000 km/s no interior de um buraco negro.

4 I FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA E LARGURA DE BANDA NO CIRCUITO RLC AMORTECIDO

Ressonância: A ressonância é uma condição em um circuito RLC em que as reatâncias capacitiva e indutiva são de igual magnitude, dando origem a uma impedância resistiva.

$\omega 0 = 1 / \sqrt{} LC$, rad/s

Fator de qualidade Q: É um indicador de quanta energia é armazenada em comparação com a dissipada. Quanto menor o nível de dissipação para uma mesma potência reativa, maior é Q e mais concentrada e intensa é a região de ressonância.

$Q = \omega 0 / B = \omega 0 \times RC = R / \omega 0L$, fator de qualidade.

$B = \omega 2 - \omega 1 = 1 / RC$, Largura de banda.

$B = \omega 0 / Q$, Largura de banda.

$\omega 1 = + 1 / 2RC - \sqrt{} (1 / 2RC)^2 + (1 / LC)$, frequência mais baixa.

$\omega 2 = + 1 / 2RC + \sqrt{} (1 / 2RC)^2 + (1 / LC)$, maior frequência.

Afirma-se que um circuito terá Q alto quando seu fator de qualidade for igual ou superior a 10 ($Q \geq 10$)

$\omega 1 \approx \omega 0 - B\ 2$

$\omega 2 \approx \omega 0 + B\ 2$

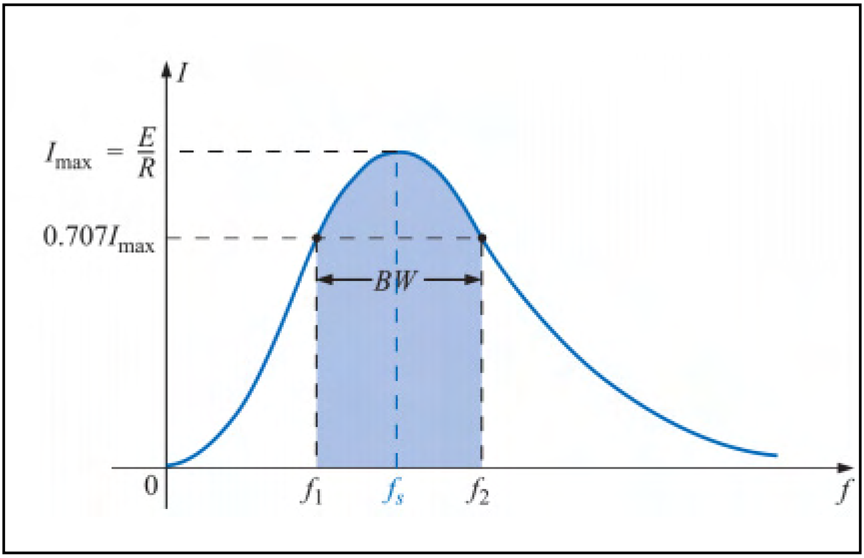


Figura 24 – Largura de banda.

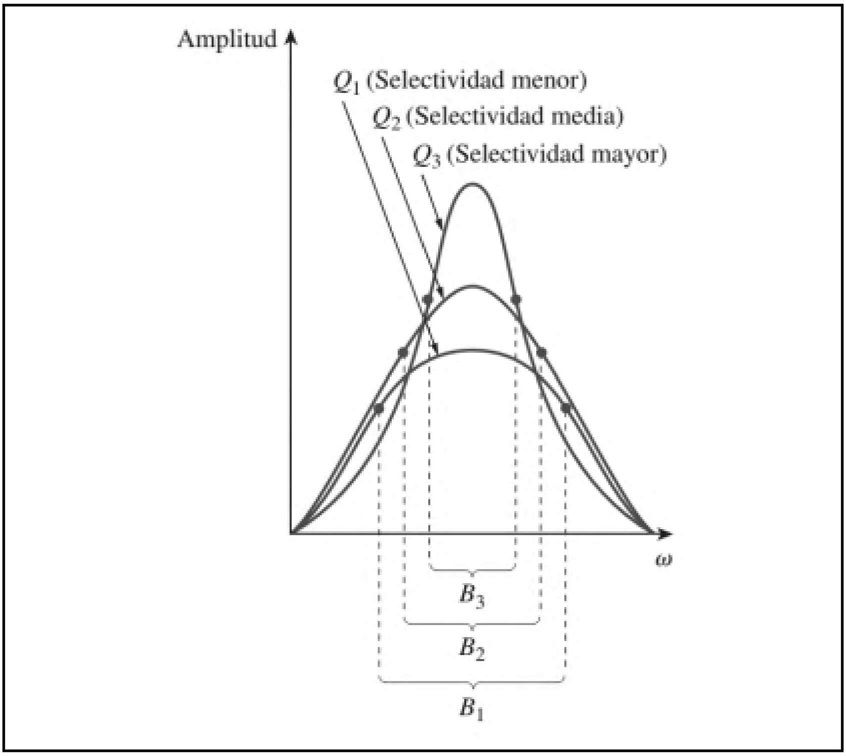


Figura 25 – Fator Q vs Largura de banda.

Vamos realizar os cálculos de ω0, Q, B, ω1 e ω2 para nosso circuito RLC amortecido.

- ***R = 3,60 10^51 Ohms***
- ***L = 1,98 10^62 Hy***
- ***C = 1,26 10^-63 F***

ω0 = 1 / √ LC rad/s

ω0 = 1 / √ LC = 1 / √ (*1,98 10^62 Hy* x *1,26 10^-63 F) = 1 /* √2,49 x 10^-1 =

- ω0 = 2,00 rad/s, frequência de ressonância.

Q = ω0 / B = ω0 x RC

Q = 2,00 x 3,60 10^51 x 1,26 10^-63 = 9,07 10^-12

- Q = 9,07 10^-12 (rad/seg) Ohms F, fator de qualidade.

B = ω0 / Q = 1 / RC

B = 1 / 3,60 10^51 x 1,26 10^-63 = 1 / 4,53 10^-12 = 0,2207 10^12 = 22,07 10^10

- B = 2,207 10^11 rad/seg, largura de banda.

ω2 = + 1 / 2RC + √ (1 / 2RC)^2 + (1 / LC), maior frequência.

$\omega 2 = + \alpha + \sqrt{(\alpha)^2 + (\omega 0)^2}$

$\omega 2 = 11{,}00\ 10^{10} + \sqrt{(121{,}00\ 10^{20} + 4)}$

- $\omega 2 = 2{,}2\ 10^{11}$ rad/s

$\omega 1 = -1 / 2RC + \sqrt{(1 / 2RC)^2 + (1 / LC)}$, frequência mais baixa.

$\omega 1 = -\alpha + \sqrt{((\alpha)^2 + (\omega 0)^2)}$

$\omega 1 = -11{,}00\ 10^{10} - \sqrt{(121{,}00\ 10^{20} + 4)}$

- $\omega 1 = 1{,}81\ 10^{-11}$ rad/s

Comentários:

Observa-se que o circuito RLC amortecido se comporta como um filtro passa-banda cuja frequência superior $\omega 2 = 2{,}19\ 10^{11}$ rad/s, corresponde a - 45 graus e cuja frequência inferior $\omega 1 = 1{,}81\ 10^{-11}$ rad/s, corresponde a + 45 graus. Observamos também que o ângulo varia 180 graus, onde $\omega 0$ corresponde a 0 graus, $(\omega \rightarrow 0)$ corresponde a 90 graus e $(\omega \rightarrow \infty)$ corresponde a -90 graus.

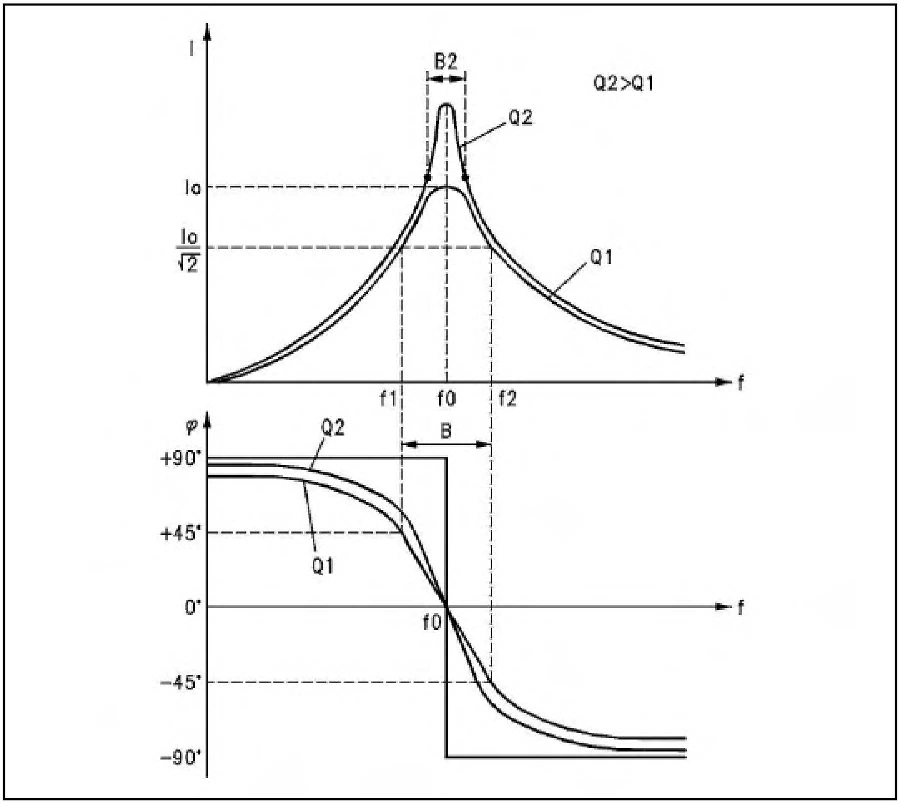


Figura 26 – Curvas de ressonância de um circuito RLC em série.

5 | ANÁLISE CMB VS MODELO RLC AMORTECIDO

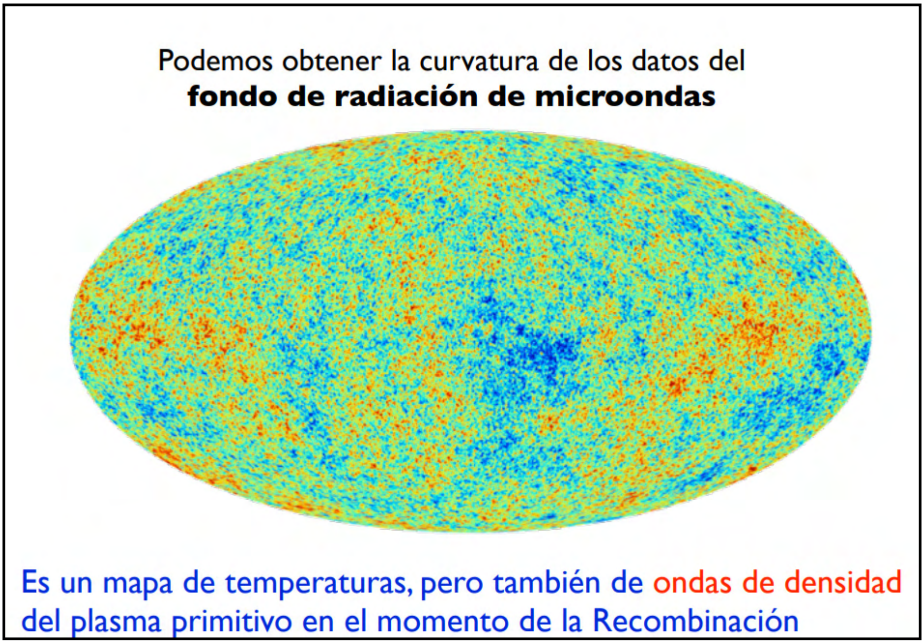


Figura 27 – Anisotropia do fundo de radiação de micro-ondas CMB.

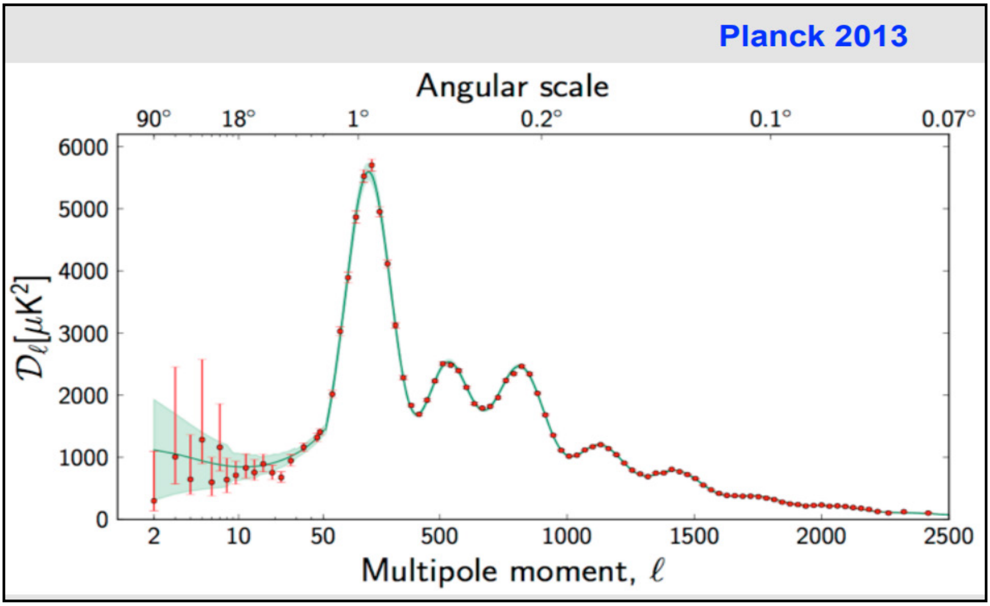


Figura 28 – Espectro de som do fundo de radiação de micro-ondas CMB.

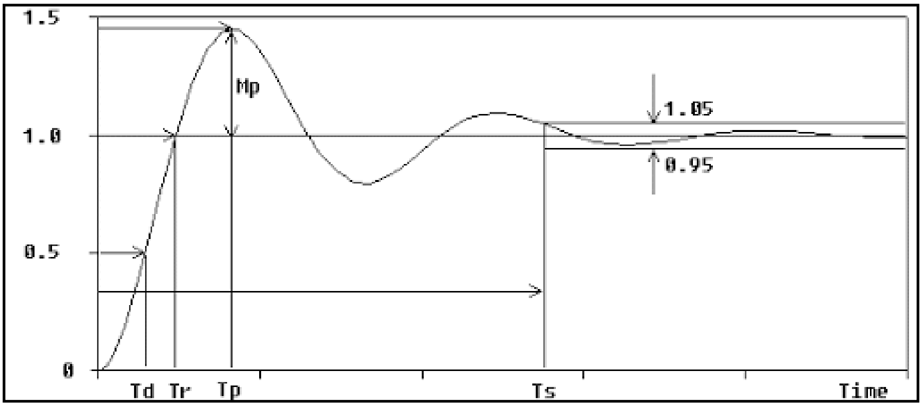


Figura 29 – Resposta transitória de um sistema RLC de 2ª ordem amortecido.

Na Figura 27, os pontos mais quentes, vermelhos, correspondem aos pontos mais densos e os pontos mais frios, azuis, correspondem aos pontos menos densos. Dissemos que no modelo RLC amortecido, a expansão do espaço-tempo não é simétrica; dissemos que a expansão do espaço-tempo é função da frequência e é assimétrica. **É** justamente essa assimetria de expansão do espaço-tempo, que é função da frequência, a causa dessa variação ou contraste de densidade e temperatura observada na Figura 27, e corresponde à anisotropia da radiação de fundo de micro-ondas.

Na Figura 28, é observado o espectro de som (espectro de potência) do fundo de radiação de micro-ondas. O pico máximo corresponde à frequência fundamental e tem comprimento de onda de 1.000.000 anos-luz e corresponde a uma frequência fundamental ω = 2 rad/s.

Se compararmos a Figura 29, que corresponde à resposta transiente de um sistema RLC amortecido de 2ª ordem, com a Figura 28, que corresponde ao espectro de som da radiação de fundo de micro-ondas, vemos que os dois gráficos são muito semelhantes. Isso nos diz que nosso modelo RLC está bem encaminhado.

Observações: Seria muito importante calcular e conhecer o espectro de fase para ver como a fase varia em relação ao tempo. Dessa forma poderíamos determinar como seria a expansão espaço-temporal em função da frequência e assim teríamos uma ideia melhor, para finalmente determinar a energia escura.

Em nosso modelo RLC amortecido, a frequência fundamental é a frequência ressonante.

- ω = ω0 = 2 rad/s.

λ = 1.000.000 anos-luz = 10^6 x 9,46 10^15 = 9,46 10^21

- λ0 = 9,46 10^21 m

$f0 = \omega 0 / 2\pi = 2 / 2 \times 3,14 = 0,31$ Hz

- $f0 = 0,31$ Hz
- $\omega 1 = 1,81\ 10^{-11}$ rad/s

$f1 = \omega 1 / 2\pi = 1,81\ 10^{-11}$ rad/s $/ 2 \times 3,14 = 2,88\ 10^{-12}$

- $f1 = 2,88\ 10^{-12}$ Hz

$\lambda 1 = C / f1 = 3\ 10^{21} / 2,88\ 10^{-12} = 1,08\ 10^{33}$

- $\lambda 1 = 1,08\ 10^{33}$ m
- $\omega 2 = 2,19\ 10^{11}$ rad/s

$f2 = \omega 2 / 2\pi = 2,19\ 10^{11} / 2 \times 3,14 = 0,348\ 10^{11}$

- $f2 = 0,348\ 10^{11}$ Hz

$\lambda 2 = C / f2 = 3\ 10^{21} / 0,348\ 10^{11} = 8,60\ 10^{10}$

- $\lambda 2 = 8,60\ 10^{10}$ m

i) Cálculo da densidade do buraco negro antes da explosão em $t = 0^{-}$s.

$R = 1,59\ 10^{30}$ m

$Ms = 1,20\ 10^{82}$ kg

$\rho = m / v = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1,20\ 10^{82} / 1,33 \times 3,14 \times 4,01\ 10^{90} = 0,07148\ 10^{-8}$ kg/m^3

- $\rho = 7,148\ 10^{-10}$ kg/m^3
- $\rho = 7,148\ 10^{-13}$ gr/cm^3

ii) Cálculo do tempo e densidade para 100% da expansão para λ, $\omega 0 = 2$ rad/s.

Vamos calcular o tempo t para o qual o espaço-tempo se expandiu 100%. Para a frente de onda λ = 1.000.000 anos-luz.

Usamos a seguinte equação.

$$\mathbf{E (t) = 1,08\ 10^{73} \{e^{-(1,81\ 10^{-11} t)}\} - 1,08\ 10^{73} \{e^{-(2,19\ 10^{11} t)}\} + Eo}$$

Lembre-se de que a energia se estabiliza quando o espaço atinge 2,7 K, o que corresponde a $3,72\ 10^{-23}$ J.

$3,72\ 10^{-23} = 1,08\ 10^{73}\ e^{-(1,81\ 10^{-11} t)}$

$e^{(1,81\ 10^{-11} t)} = 0,290\ 10^{96}$

$1,81\ 10^{-11}\ t = \ln (0,290\ 10^{96})$

$t = \ln (0,290\ 10^{96}) / 1,81\ 10^{-11} = 219,84 / 1,81\ 10^{-11} = 121,46\ 10^{11}$

- $t = 1,22\ 10^{13}$ s

Em $t = 1,22\ 10^{13}$ s, o espaço-tempo se expandiu por um fator de:

e = 1,22 10^13 s x 3 10^21 m/s = 3,66 10^34 m.

R = 3,66 10^34 m

Ms = 1,20 10^82 kg

ρ = m / v = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^82 /1,33 x 3,14 x 49,02 10^102 = 5,8 10^-23

- ρ = 5,8 10^ -23 kg/m^3
- ρ = 5,8 10^ -26 gr/cm^3

iii) Cálculo da densidade do universo para t = 11,81 10^12 s.

Primeiro, vamos calcular para t = 11,81 10^12 s, quanto espaço-tempo se expandiu.

Esse tempo t = 11,81 10^12 s, corresponde ao instante da recombinação com uma temperatura aproximada de 2.400 K.

E = V x T = 3 10^21 x 11,81 10^12 = 35,43 10^33 m

R = 3,5 10^34 m

Ms = 1,20 10^82 kg

ρ = m / v = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^82 /1,33 x 3,14 x 42,87 10^102 = 0,0945 10^-26

- ρ = 6,70 10^ -23 kg/m^3
- ρ = 6,70 10^ -26 gr/cm^3

Importante:

96% representa a porcentagem de expansão do comprimento de onda λ (1.000.000 anos-luz) e também representa a porcentagem da energia do comprimento de onda λ que convoluiu com o universo existente.

4% representa a porcentagem que resta para expandir o espaço-tempo para o comprimento de onda λ, para atingir 100%

iv) Cálculo de << ΩM,o >>

Vamos calcular ΩM,o com nossos dados obtidos de nosso modelo.

No nosso modelo, a massa calculada do universo corresponde a:

Ma = 1,20 10^56 kg, massa bariônica de nosso universo.

Ms = 1,20 10^82 kg, massa de matéria escura do nosso universo.

A partir de hoje, corresponde um t = 4,35 10^17 sQuanto espaço expandiu até hoje? Vamos calcular.

Vamos considerar duas possibilidades:

A) Expansão máxima:

R = 3 10^21 m/s x 4,3 10^17 s = 12,89 10^38 m

O tempo médio estimado no universo é 13.800 10^6 anos.

13.800 10^6 anos, correspondem a t = 4,35 10^17 s

Vamos calcular o espaço que a luz viajou naquele tempo com c = 3 10^8 m/s.

E = V x t = 3 10^8 x 4,35 10^17 = 13,05 10^25 m

Em uma dimensão, o universo terá o seguinte raio:

Ru = 1,28 10^39 + 13,05 10^25 ≈ 1,28 10^39 m

Ru = 1,28 10^39 m, raio do universo.

Du = 2,56 10^39 m, diâmetro do universo.

1 ano-luz = 9,46 10^15 m

Ru = 12,8 10^38 / 9,46 10^15 = 1,3530 10^23 anos-luz

Ru = 1,3530 10^5 x 10^18 anos-luz

- Ru = 135.300 trilhões de anos-luz, raio do universo.
- Du = 270.600 trilhões de anos-luz, diâmetro do universo.

Conhecendo o raio do universo, calcularemos a densidade.

Ru = 1,28 10^39 m, raio do universo.

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^82 /1,33 x 3,14 x 2,09 10^117

ρ = 1,20 10^82 / 8,72 10^117 = 0,13 10^-35 kg/ m^3 = 1,3 10^-36 kg/m^3

ρ = 1,3 10^-36 kg/m^3

ρ = 1,3 10^-39 g/cm^3

ρo = 1,3 10^-39 g/cm^3, densidade do universo hoje.

ρcr,o = 3,84 10^-29 g/cm^3, densidade crítica do universo hoje.

ΩM,o = ρo / ρcr,o = 1,3 10^-39 / 3,84 10^-29 = 0,33 10^-10

ΩM,o = 0,33 10^-10

ΩM,o < 1

B) Expansão mínima:

R = 3 10^21 m/s x 1,22 10^13 s = 3,66 10^34 m

O tempo médio estimado no universo é 13.800 10^6 anos.

13.800 10^6 anos, correspondente a t = 4,35 10^17 s

Vamos calcular o espaço que a luz viajou naquele tempo com c = 3 10^8 m/s.

E = V x t = 3 10^8 x 4,35 10^17 = 13,05 10^25 m

Em uma dimensão, o universo terá o seguinte raio:

$Ru = 3,66\ 10^{34} + 13,05\ 10^{25} \approx 4,66\ 10^{34}$ m

$Ru = 3,66\ 10^{34}$ m, raio do universo.

$Du = 7,32\ 10^{34}$ m, diâmetro do universo.

1 ano-luz = $9,46\ 10^{15}$ m

$Ru = 3,66\ 10^{34} / 9,46\ 10^{15} = 0,3868\ 10^{19}$ anos-luz

$Ru = 3,86\ 10^{18}$ anos-luz

- Ru = 3,86 trilhões de anos-luz, raio do universo.
- Du = 7,72 trilhões de anos-luz, diâmetro do universo.

Conhecendo o raio do universo, calcularemos uma densidade.

$Ru = 3,86\ 10^{34}$ m, raio do universo.

$\rho = m / v$, $\rho = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1,20\ 10^{82} / 1,33 \times 3,14 \times 57,51\ 10^{102}$

$\rho = 1,20\ 10^{82} / 240,17\ 10^{102} = 0,004996\ 10^{-20}\ kg/m^3 = 4,996\ 10^{-23}\ kg/m^3$

$\rho = 4,996\ 10^{-23}\ kg/m^3$

$\rho = 4,996\ 10^{-26}\ g/cm^3$

$\rho o = 4,996\ 10^{-26}\ g/cm^3$, densidade do universo hoje.

$\rho cr,o = 3,84\ 10^{-29}\ g/cm^3$, densidade crítica do universo hoje.

$\Omega M,o = \rho o / \rho cr,o = 4,996\ 10^{-26} / 3,84\ 10^{-29} = 1,30\ 10^3$

$\Omega M,o = 1,30\ 10^3$
$\Omega M,o > 1$

C) Finalmente, podemos concluir que ΩM,o; varia entre os seguintes limites

$0,33\ 10^{-10} < \Omega M,o < 1,30\ 10^3$

v) Cálculo da expansão assimétrica do espaço-tempo em função da frequência.

Exemplo 1:

Vamos realizar exemplos baseados na frequência de como o espaço-tempo se expande.

$E(t) = 1,08\ 10^{73} \{e^{-(1,81\ 10^{-11} t)}\} - 1,08\ 10^{73} \{e^{-(2,19\ 10^{11} t)}\} + Eo$

$E(\omega 1) = 0,707\ Emax$

$0,707 = 1 / e - (1,81\ 10^{-11}\ t)$

$t = \ln(1,41) / 1,81\ 10^{-11} = 0,3467 / 1,81\ 10^{-11} = 1,915\ 10^{10}$ s

- $t1 = 1,915\ 10^{10}$ s

Para ω1 = 1,81 10^-11 rad/s, corresponde t1 = 1,915 10^10 s

Agora vamos realizar o mesmo cálculo para ω2.

E(ω2) = 0,707 Emax

0,707 = 1 / e - (2,19 10^11 t)

t = ln (1,41) / 2,19 10^11 = 0,3467 / 2,19 10^11 = 0,158 10^-11 s

- t2 = 0,158 10^-11 s

Para ω2 = 2,19 10^11 rad/s, corresponde t2 = t = 0,158 10^-11 s

Se considerarmos t2 = 0, o instante em que ω2 é gerado, vemos que ω1 avança 90 graus, como mostrado na Figura 26, e essa diferença de fase corresponde a uma diferença no deslocamento de:

IΔtI = I t1 – t2I = I1,915 10^10 – 0,158 10^-11I = 1,915 10^10 s

IΔtI = 1,915 10^10 s

Essa variação de tempo ocorre dentro do intervalo de expansão do espaço-tempo, portanto sua velocidade corresponde a 3 10^21 m/s.

Vamos calcular a variação de deslocamento IΔXI = ? para uma variação de IΔtI = 1,915 10^10 s.

IΔXI = v x t = 3 10^21 x 1,915 10^10 = 5,745 10^31 m.

IΔXI = 5,745 10^31 m.

Em conclusão, para o instante em que ocorre ω2, ω1 avança ω2 em 90 graus e isso corresponde a uma diferença de tempo IΔtI = 1,915 10^10 s, e uma diferença no deslocamento IΔXI = 5,745 10^31 m.

Com isso, mostramos como o espaço-tempo, em função da frequência, se expande de forma assimétrica durante o Big Bang.

Exemplo 2:

Agora vamos calcular a diferença de tempo IΔtI e seu deslocamento IΔXI correspondente para as constantes de tempo H1 = 67 km/s/Mpc e H2 = 73 km/s/Mpc.

1 Mpc = 3,26 milhões de anos-luz.

1 Mpc = 3,26 10^6 x 9,46 10^15 = 30,84 10^21 = 3,084 10^22 m

1Mpc = 3,084 10^22 m

H1 = 67 km/s/Mpc

T1 = 1 / H1 = 3,084 10^22 m / 6,7000 10^4 m/s = 0,4602 10^18 s

- T1 = 4,602 10^17 s, Idade 1 do universo.

1 ano = 3,15 10^7 s

T1 = 4,602 10^17 / 3,15 10^7 = 1,4603 10^10 / 10^6 = 1,4603 10^4

- T1 =14.603 milhões de anos-luz.

H2 = 74,3 km/s/Mpc

T2 = 1 / H2 = 3,084 10^22 m / 7,4000 10^4 m/s = 0,41675 10^18 s

- T2 = 4,1675 10^17 s, Idade 2 do universo.

1 ano = 3,15 10^7 s

T2 = 4,1675 10^17 / 3,15 10^7 = 1,3230 10^10 / 10^6 = 1,3230 10^4

- T2 = 13.230 milhões de anos-luz.

Vamos calcular IΔtI e depois calcular IΔXI.

IΔtI = T1 – T2 = 4,602 10^17 - 4,1675 10^17 = 0,435 s

- IΔtI = 0,435 s

IΔXI = v x t = 3 x 10^21 m/s x 0,435 s = 1,30 10^21 m

- IΔXI = 1,30 10^21 m

Calculamos a diferença que existe IΔtI = 0,435 s, se IΔXI = 1,30 10^21 m para as constantes de Hubble H1 e H2, para as quais existe atualmente uma controvérsia na comunidade científica. Lembre-se que a evolução do universo é definida pela métrica FLRW, que considera uma expansão simétrica ao assumir um universo isotrópico e homogêneo. Em nosso modelo RLC amortecido, a expansão do universo não é simétrica e depende da frequência. No exemplo 1, mostramos como o universo se expande assimetricamente tomando como referências as frequências ω1 e ω2, calculando seus IΔtI e IΔXI correspondentes.

APÊNDICE 1

QUANTIZAÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO E DA MATÉRIA

Vamos começar a trabalhar com a constante de Newton, que é definida da seguinte forma:

G = m^3 / kg x s^2, dimensões da constante de Newton.

Isso podemos escrever da seguinte forma,

G = L^3 / M x T^2

L = longitude, T = tempo e M = massa.

Agora vamos inserir L = C x T, onde C é a velocidade da luz

G = C^3 x T^3 / M x T^2, resolvendo.

G = C^2 x L / M

- Lg = G x M / C^2, longitude característica.

É o tamanho que qualquer massa teria se desconectássemos as forças do campo eletromagnético e do campo de força fraca.

A gravidade associa qualquer massa a um comprimento Lg, que é chamado de comprimento característico da gravidade.

Se definirmos o raio de Rs Schwarzschild,

Rs = 2 G M / C^2

Vemos que

Rs = 2 Lg

Agora vamos usar o princípio da mínima ação, vamos definir:

A ação que chamamos de S, tem as seguintes dimensões,

S = {M} x {T} x C^2, C = L/T.

S = Energia envolvida em um processo x Tempo que o processo dura

S = {M} x {L} x C, C velocidade da luz.

S = quantidade de movimento x tamanho espacial.

Agora nos perguntamos qual é o valor mínimo para a ação?

A mecânica quântica postula que existe um valor mínimo para a ação e é definido por h (constante de Planck) e é diferente de zero. Se consideramos S = h, temos:

- Lq = h / (M x C), chamamos esse comprimento de tamanho quântico.

Isso nos diz que uma massa M não pode estar localizada em uma região menor que Lq.

Agora vamos definir o comprimento de Planck:

Lp = 3√ (h x G / C^3) = 1,61 10^-35 m, longitude de Planck.

Agora vamos calcular os valores da quantização do espaço e da matéria.

i) Cálculo do valor quântico do espaço-tempo e da matéria no momento da formação do buraco negro.

Ver Tabela 1, Página 31.

M = 3MΘ = 6 10^30 kg

Vamos calcular o comprimento característico.

Lg = G x M / C^2, longitude característica.

Lg = 6,67 10^-11 x 6 10^30 / 9 10^16 = 40,02 10^19 / 9 10^16

- Lg = 4,44 10^3 m

Vamos calcular o tamanho quântico Lq.

Lq = h / M x C

Lq = 6,63 10^-34 / 6 10^30 x 3 10^8 = 6,63 10^-34 / 18 10^38

Lq = 0,368 10^-72

- Lq = 3,68 10^-73 m

Agora vamos calcular o comprimento de Planck.

- Lp = √ (h x G / C^3) = 1,61 10^-35 m, longitude de Planck

Conclusão:

No momento da formação do buraco negro, para uma massa de M = 6 10^30 kg, corresponde a um comprimento característico de Lg = 4,44 km, que seria o diâmetro do buraco negro. A massa do buraco 3MΘ seria quantizada e sua relação seria dada pelo comprimento de Planck Lp = 1,61 10^-35 m e por sua vez o espaço- tempo também seria quantizado e o valor mínimo seria dado por Lq = 3,68 10^-73 m.

Cálculo do valor quântico do espaço-tempo e da matéria antes do Big Bang t0 $^{-}$.

Ver Tabela 1.

M = 1,20 10^82 kg

Vamos calcular o comprimento característico.

Lg = G x M / C^2, longitude característica.

Lg = 6,67 10^-11 x 1,20 10^82 / 9 10^42 = 40,02 10^19 / 9 10^16

- Lg = 0,889 10^29 m

Vamos calcular o tamanho quântico Lq.

Lq = h / M x C

Lq = 6,63 10^-34 / 1,20 10^82 x 3 10^8

Lq = 6,63 10^-34 / 3,6 10^90 = 1,84 10^-124

- Lq = 1,84 10^-124 m

Agora vamos calcular o comprimento de Planck.

Lp = √ (h x G / C^3)

Lp = √ (6,63 10^-34 x 6,67 10^-11 / 27 10^63)

Lp = √ (44,22 10^-45 / 27 10^63)

Lp = √ (1,63 10^-108) = 1,27 10^-54

- Lp = 1,27 10^-54 m

	Massa do buraco negro (kg)	Massa do buraco negro (kg)
	6,00 10^30	1,20 10^82
Comprimento característico BH Lg (m)	4,44 10^3	0,89 10^29
Quantização da matéria Lp (m)	1,61 10^-35	1,27 10^-54
Quantização espaço-tempo Lq (m)	3,68 10^-73	1,84 10^-124

Tabela 6

De acordo com os cálculos, em um buraco negro vemos que a quantização do espaço é diferente da quantização da matéria e varia conforme o buraco negro cresce.

Também podemos inferir que a coluna 1 corresponderia à quantização da matéria e do espaço-tempo fora de um buraco negro, no domínio das 4 forças fundamentais.

Dentro de um buraco negro é cumprido:

Os valores de quantização da matéria variariam na faixa de valores entre 1,61 10^-35 m, até 1,27 10^-54 m.

Os valores de quantização espaço-tempo variariam na faixa de valores entre 3,68 10^-73 m, até 1,84 10^-124 m.

Comentários: Quando falamos em quantização da matéria, queremos dizer que a matéria comum que conhecemos precisa de um espaço-tempo mínimo que é dado pelo comprimento de Planck Lp, que é diferente de Lq, que é o valor de quantização do mesmo espaço-tempo. O comprimento de Planck Lp, determina o espaço limite no qual a matéria abaixo desse valor se torna um buraco negro, ou seja, perde as propriedades do campo de força eletromagnética e do campo de força fraco.

Lg >> Lp >> Lq

Lp = Lpε = 1,61 10^35 m, longitude de Planck eletromagnética.

L_G < Lpε

L_G = comprimento de Planck gravitacional.

L_G varia de 1,61 10^-35 m até 1,27 10^-54 m

APÊNDICE 2

CÁLCULO DA ENERGIA E(T) USANDO A EQUAÇÃO $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$

Vamos considerar que dentro de um buraco negro Ms = Ma - iMr.

Substituímos Ms na equação $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 - 2iMaMrC^4$

i) Para $t \rightarrow 0$, início do Big Bang.

Mr >> Ma

$E^2 = - Mr^2C^4 + 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

$E = (+/-)\ iMr \times C^2$

Mr = 1,20 10^82 kg

Ma = 1,20 10^56 kg

C = 3 10^8 m/s

E = +/- i 1,20 10^82 x 9 10^16

E = +/- i 10,8 10^98

- E = (+/-) i 1,08 10^99 joules

ii) Para $t \rightarrow \infty$, espaço-tempo estabilizado, $Mr \rightarrow 0$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$E = (+/-) \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$

Conclusão:

É a massa da matéria escura Mr, massa imaginária, que define a energia total do Big Bang.

O duplo sinal de energia corresponderia à matéria formada por quarks e glúons, que seria dada pela expressão $E = - iMr \times C^2$. A energia $E = + i\ Mr \times C^2$ estaria associada à antimatéria; ambas as energias seriam usadas para expandir o espaço-tempo (Big Bang) para recuperar seu tamanho original. Essa energia é o resultado de assumir que os quarks

e glúons têm uma velocidade C > 300.000 km/s, outra forma de interpretar isso é assumir constante C = 300.000 km/s; mas isso nos levaria à massa resultante sendo Ms = Ma - iMr, ou seja, a massa imaginária é criada.

A energia que corresponderia à antimatéria faria parte da mesma estrutura do espaço-tempo. A interação da matéria com o espaço-tempo a que chamamos gravidade nada mais seria do que a interação da matéria com a antimatéria e através deste mecanismo se cancelam as energias, ou seja, mais uma vez se aplica o princípio da conservação da energia; isso seria análogo ao que Dirac disse que a matéria estaria em um mar de antimatéria, sendo a antimatéria a mesma estrutura espaço-tempo.

APÊNDICE 3

PORQUE O MODELO LAMBDA-CDM PRECISA ATUALIZAR-SE E CONSIDERAR AS ONDAS GRAVITACIONAIS PARA DESCREVER A EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

Neste artigo vou explicar, não vou a demostrar, que o Big Bang gera um espectro de ondas gravitacionais que faz que o espaço-tempo se expanda de um jeito não uniforme, e essa não uniformidade na expansão do espaço-tempo é o que determina as discrepâncias nas medições da constante de Hubble e também explica a expansão acelerada do espaço-tempo de nosso universo.

Também vamos a relacionar como o espectro sonoro das ondas acústicas do CMB, estão ligados com as ondas acústicas de Bárions e o espectro de ondas gravitacionais gerado na era inflacionária.

As oscilações acústicas de bárions é uma consequência das ondas gravitacionais geradas na era inflacionária, no alcance do tempo compreendido entre 10^13 seg e 10^17seg que corresponde aproximadamente a 1.000 Mpc e se manifesta por uma sobre densidade de matéria a uma distância característica.

A colisão de dois buracos negros estelares de uma massa média de 40 massas solares, como a detectada pelo Observatório LIGO e Virgo, confirmou a existência de ondas gravitacionais. Agora, se levarmos isso para o Big Bang, para o período inflacionário, é de se esperar que a imensa energia liberada gere um espectro de ondas gravitacionais; essa afirmação é muito importante e com base nisto vamos trabalhar.

O modelo Lambda-CDM propõe que o universo seja isotrópico e homogêneo, e isto também é chamado princípios cosmológicos.

Vamos lembrar a definição de isotropia:

Isotropia: Características de certos meios cujas propriedades físicas são as mesmas, qualquer direção em que as medidas são tomadas. Do ponto de vista óptico, característico de um meio que tenha o mesmo índice de refração em todas as direções.

Levando em conta a definição de isotropia, e considerando o modelo Lambda-CDM que propõe que o universo é isotrópico e homogêneo, nós perguntamos como fazemos para combinar o espectro de ondas gravitacionais produzidas na expansão do Big Bang, com a definição de isotropia que resulta da aplicação das equações de campo de Einstein. A resposta tem apenas uma solução, considerando o sistema não causal de fase zero; isso significa que todas as ondas no espectro de ondas gravitacionais que ocorreram no Big Bang têm a mesma fase, ou seja, começam ao mesmo tempo sem qualquer atraso.

O modelo Lambda-CDM, a métrica FLRW, está nos indicando que o período de expansão do universo, chamado inflação, comporta-se como uma aproximação da função Dirac, para t = 0, a energia liberada é infinita, espectro de magnitude constante e espectro

de fase 0, que aconteceria, se considerarmos o sistema causal, fase mínima e anisotrópico, ou seja, que a energia liberada durante a inflação não seja transmitida instantaneamente, e que a expansão das ondas gravitacionais (espaço-tempo) durante a inflação é uma função dependente do tempo. Possivelmente essas considerações poderiam acabar ou resolver o problema da energia escura gerada por um palpite incorreto ao considerar o universo isotrópico, ou seja, estaríamos afirmando que as equações de campo de Einstein não seriam as certas para analisar a evolução do universo ou eventualmente estariam precisando de um ajuste fino.

Pessoalmente, acho que as hipóteses de isotropia que vêm do uso das equações de campo de Einstein, modelo FLRW, estão incorretas. Mais uma vez, se olharmos para ele do ponto de vista do espectro de ondas gravitacionais, concluímos que é impossível para a era inflacionária ter um comportamento análogo à função Dirac, ou seja, para t = 0 a energia liberada é infinita, espectro de amplitude constante e espectro de fase 0; em outras palavras, um sistema de fase 0, não causal.

Proponho que a resposta da expansão do espaço-tempo a partir da era inflacionária do Big Bang comporta-se como um sistema de fase mínima e causal, na qual a energia liberada é transmitida com atraso mínimo e a propagação das ondas gravitacionais geradas dependam das características físicas do meio. Um exemplo desse comportamento é análogo ao método de exploração sísmica utilizando explosivos, na qual todo o sistema é fase mínima e as ondas geradas pela explosão, são transmitidas a um meio anisotrópico, ou seja, com diferentes coeficientes de refração e reflexão.

Vamos considerar nosso universo como uma lagoa que está tranquila, calma, e jogamos no centro uma pedra (a pedra caindo na água, seria o equivalente à expansão do universo na era inflacion**á**ria). Observamos que se produzem ondas circulares que vão se expandindo, mas também observamos que não é uma, é um trem de ondas, uma atrás da outra que vão expandindo-se e também observamos que a primeira tem a maior amplitude e à medida que vão aparecendo as amplitudes vão atenuando-se. Essa descrição seria o análogo ao que acontece na era inflacionária na qual não **é** uma frente de onda; ao contrário, é um espectro de ondas gravitacionais que se produzem na era inflacionária do Big Bang. Nós temos que incluir esse espectro de ondas gravitacionais e ponderar os pesos da contribuição de cada onda, ou as principais que t**ê**m mais energia. Para ele, vamos considerar o espectro sonoro de ondas acústicas ou espectro de potência do CMB como se mostra na Figura 3.

Considerando o enunciado vamos realizar as seguintes análises:

Vamos referir-nos ao vídeo do curso de Cosmologia 1

Tema 07: Interpretação cosmológica da Lei de Hubble-Lemaître.

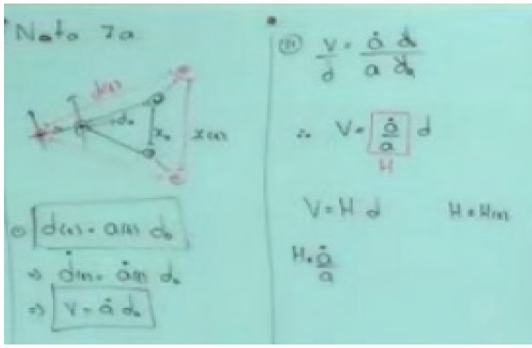


Figura 1 – constante de Hubble e o princípio isotrópico.

Vemos na Figura 1, como podemos deduzir a Lei de Hubble-Lemaître do princípio isotrópico.

Comentários:

Em um universo isotrópico, é de esperar-se que exista somente uma única constante de Hubble, em analogia ao demostrado na Figura 1.

Agora voltamos a nossa hipótese que o universo não é isotrópico e na era inflacionária se produzem um espectro de ondas gravitacionais. Vamos supor que nesse espectro, as ondas principais que possuem a maior energia é a frequência fundamental, a primeira e a segunda harmônica (é de esperar-se que existam três constantes de Hubble-Lemaître); uma para a longitude de onda fundamental e as outras para a longitude de onda da primeira e segunda harmônica.

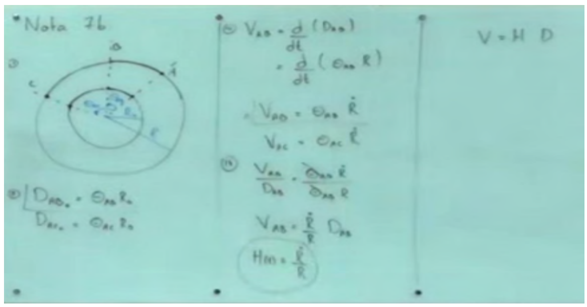
Como podemos explicar isso, no fundo de radiação de micro-ondas, CMB, está calculado que a constante de hubble corresponde 67 km/s/Mpc, possivelmente isto corresponda a longitude de onda fundamental de 1.000.000 anos-luz e a um determinado nível de energia. Quando medimos a constante de hubble utilizando os métodos da supernovas nos dá 74 km/s/Mpc, para outro valor de longitude fundamental e outro nível de energia. Em ambas as situações, a longitude fundamental são distintas e os nível de energia também distintos, isto é o que determina a diferença das constantes de Hubble-Lemaître. Em ambos os casos, a expansão do alongamento do espaço-tempo **é** diferente, pela longitude de onda e o nível de energia comprometidos, sempre considerando o sistema como ondas gravitacionais.

Com isso podemos inferir que podemos ter diferentes constantes de hubble e vai depender do nível de energia, da longitude de onda fundamental e do tempo t; isso vai determinar as diferenças na expansão do alongamento do espaço-tempo; e isso vai

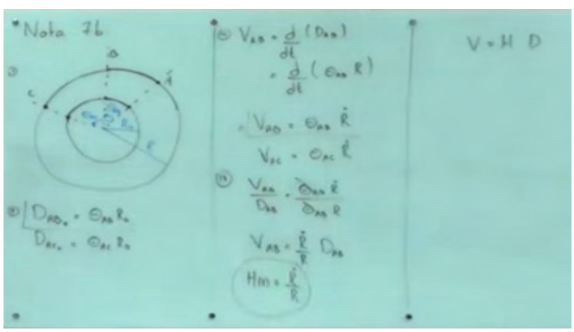
corresponder a frentes de ondas gravitacionais diferentes.

Agora, vamos a considerar a interpretação geométrica, como se mostra a continuação, e vamos relacionar cada gráfico como uma propagação de uma frente de onda gravitacional com uma energia E, longitude de onda λ, um tempo t, uma velocidade C e uma temperatura T.

E1, λ1, t1, C1, T1



E2, λ2, t2, C2, T2



E3, λ3, t3, C3, T3

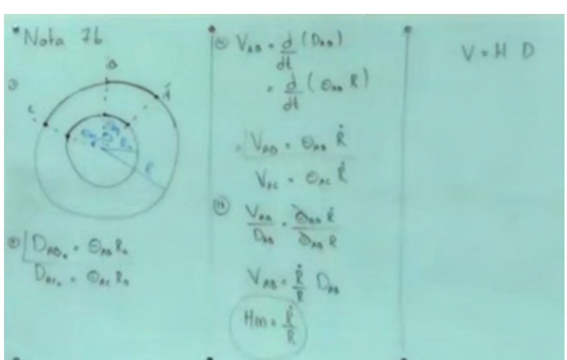


Figura 2 – Frentes de ondas gravitacionais/constante de Hubble.

Agora, vamos considerar o espectro sonoro de ondas acústicas do CMB, como

se mostra na Figura 3, e vamos relacionar com os 3 gráficos da Figura 2, mostrados anteriormente.

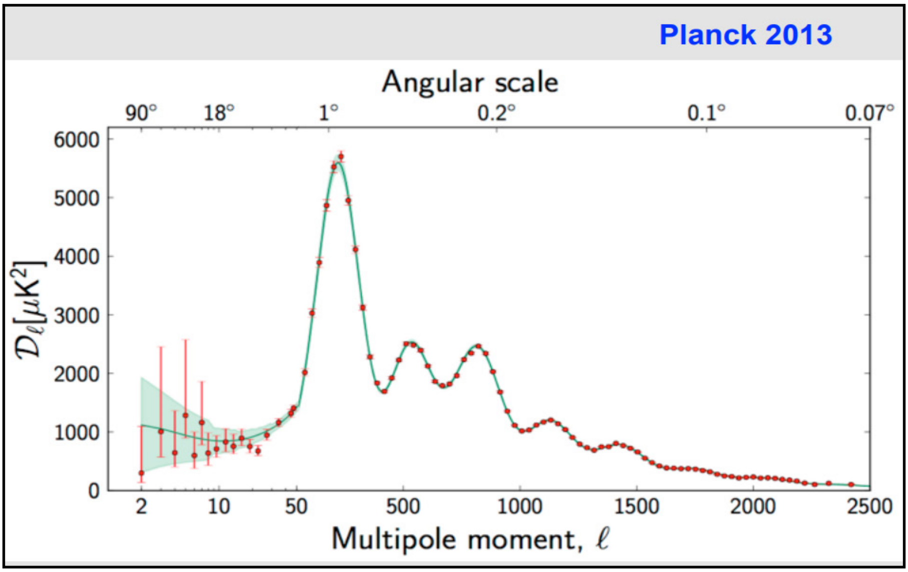


Figura 3 – Espectro de potência do CMB.

Podemos perceber que o gráfico da Figura 3, que corresponde ao espectro sonoro de ondas acústicas possui 3 picos bem definidos que, se relacionamos com os gráficos da Figura 2, isto corresponderia a três frentes de ondas que se propagam pelo espaço-tempo com diferentes energias E, longitude de onda λ, desfasadas no tempo t, com diferentes velocidades C e diferentes temperaturas T.

Está calculado, para o pico maior, que corresponde uma longitude de onda de 1.000.000 anos-luz ou seja, para o segundo e terceiro pico corresponderiam diferentes longitudes de ondas λ2 e λ3. Também observamos que as amplitudes dos 3 picos principais são diferentes, isto determinaria diferentes níveis de energia E1, E2 e E3. Também podemos inferir que na era inflacionária a expansão do espaço-tempo é maior que a velocidade da luz C = 300.000 km/s, pelo que podemos concluir que para cada energia E corresponde uma longitude de onda λ e por sua vez, uma velocidade C diferente. Isso podemos interpretar da seguinte maneira:

i) E1, λ1, t1, C1, T1: características da frente de onda gravitacional para frequência fundamental.

ii) E2, λ2, t2, C2, T2: características da frente de onda gravitacional para frequência primária.

iii) E3, λ3, t3, C3, T3: características da frente de onda gravitacional para frequência

secundária.

A constante de Hubble H, vai depender das características da frente de onda gravitacional H (E, λ, t, C, T) e vai ser independente do nosso modelo escolhido como se mostra na Figura 5.

Lembrar que na expansão do universo existem duas fases:

1) Fase 1, se dá durante a era inflacionária, onde a velocidade de propagação das ondas gravitacionais é causada pela expansão do alongamento do mesmo espaço-tempo, e vai ser maior que C = 300.000 km/s; vai depender das características da frente de onda gravitacional (E, λ, t, C, T).

2) Fase 2, se dá quando a velocidade de propagação das ondas gravitacionais é igual a C = 300.000 km/s, como ocorre nos eventos detectados pelo LIGO e Virgo, E nesta fase o universo está estabilizado.

A energia E, vai determinar a velocidade da expansão do espaço-tempo, que vai ser muito maior que a velocidade da luz $C_G >> C$. Essa energia gravitacional vai definir a frente de onda λ +Δλ, e isto vai ocorrer no tempo t; essa frente de onda vai definir a constante de Hubble H (E, λ, t, C_G, T). Essa energia E também vai definir a quantidade de massa e radiação nesse tempo t. Para finalizar devemos considerar as contribuições das frentes de ondas e com esse critério atualizar nosso modelo Lambda-CDM. Também é de esperar-se que sempre que exista uma frente de onda gravitacional com uma diferença de energia E, seguramente vai resultar de uma constante de Hubble diferente, como acontece com as Supernova tipo IA, que tem uma constante de Hubble diferente, medida pelo fundo de radiação de micro-ondas CMB. Diferentes energias E, vão determinar diferentes expansões do espaço-tempo e diferentes H.

Comentários adicionais:

- **Domínio da frequência – Espectro de amplitude:** É de esperar-se que exista um espectro de amplitude de ondas gravitacionais na era inflacionária com 3 frentes de ondas principais (λ + Δλ), como se mostra na Figura 3, separadas em tempo.
- **Domínio da frequência – Espectro de fase:** É de esperar-se que para cada longitude de onda λ, do espectro de ondas gravitacionais produzido na era inflacionária, exista uma relação de fase que vai depender do tempo, isto também podemos explicar dizendo que as longitudes de ondas λ, do espectro de ondas gravitacionais são geradas em tempos diferentes.

Temos que lembrar que uma diferença de fase corresponde a uma diferença em tempo Δt e isto corresponde a uma diferença em espaço-tempo Δx.

Agora vamos voltar ao seguinte quadro.

Vamos considerar nosso universo como uma lagoa que está tranquila, calma, e jogamos no centro uma pedra (a pedra caindo na água, seria o equivalente **à** expansão do universo na era inflacionária). Observamos que se produzem ondas circulares que vão se expandindo, mas também observamos que não é uma, é um trem de ondas, uma atrás da outra que vão expandindo-se e também observamos que a primeira tem a maior amplitude e à medida que vão aparecendo, as amplitudes vão atenuando-se. Essa descrição seria o análogo ao que acontece na era inflacionária na qual não é uma frente de onda, ao contrário, é um espectro de ondas gravitacionais as que se produzem na era inflacionária do Big Bang. Nós temos que incluir esse espectro de ondas gravitacionais e ponderar os pesos das contribuições de cada onda, ou as principais que t**ê**m mais energia. Para ele, vamos considerar o espectro sonoro de ondas acústicas ou espectro de potência do CMB como se mostra na Figura 3.

Vamos analisar o que está escrito no quadro e vamos realizar o seguinte raciocínio. Segundo o gráfico do espectro sonoro das ondas acústicas do CMB, o primeiro pico que representa a frente de onda gravitacional de maior amplitude e energia vai representar a primeira expansão do espaço-tempo no certo tempo t, a primeira frente de onda $\lambda 1+\Delta\lambda$, e essa expansão vai determinar no princípio uma desaceleração variável, como mostra a Figura 4. Se consideramos justo quando está perdendo impulso essa desaceleração, chega a segunda frente de onda gravitacional $\lambda 2+\Delta\lambda$, com força, e representa o segundo pico do gráfica do espectro sonoro de ondas acústicas, em um tempo $t + \Delta t$, e é de esperar-se que o universo acelere novamente e tenha uma aceleração positiva resultante, ou seja, uma nova expansão. Se esse raciocínio está certo, possivelmente estamos justamente em um período de transição entre dois picos (desaceleração – aceleração) da expansão do espaço-tempo o que representaria a mudança da aceleração negativa para positiva. Isso também implicaria que ainda estamos na Fase 1, da expansão do universo, na qual ainda não tenha terminado a fase do alongamento do espaço-tempo e o universo não está totalmente estabilizado. Lembrar que o espectro de ondas gravitacionais produzido na era inflacionária vai ser uma função do tempo t, em outras palavras, podemos dizer para cada Δt corresponde uma variação ΔX (expansão espaço-tempo). Esse raciocínio daria uma explicação à existência da Energia escura.

Vamos ilustrar o que foi exposto com o seguinte gráfico do curso de Cosmologia 1.

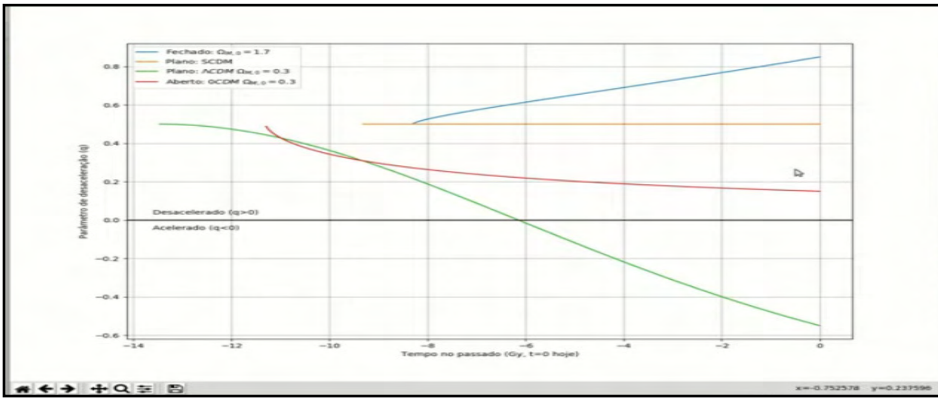


Figura 4 – Desaceleração em função do tempo.

Vamos tratar de explicar o enunciado considerando a constante de Hubble, para finalmente mostrar o gráfico da constante de Hubble em função do tempo.

No espectro sonoro das ondas acústicas, observamos o pico maior da frequência fundamental; que represente a frente de onda principal de maior energia. Nesse pico, a constante de Hubble tende a um valor infinitamente grande como se representa na Figura 5. No princípio a constante de Hubble cresce até chegar a um valor muito grande, como se mostra no gráfico da constante de H x t; isso ocorre ao redor do tempo t = 10^0 s; depois desse acontecimento o valor da constante de Hubble continua infinitamente grande, até que todas as ondas percorram o espaço e = 3 10^34 m; a partir de então começa a diminuir até chegar à segunda frente de onda que gera um ponto de inflexão na qual a constante de Hubble muda de uma pendente negativa para positiva, e isto ocorre ao redor do tempo t > 10^14 s; essa pendente positiva se mantém pela chegada do 3°, 4° e 5° picos, das frentes de ondas que dão um impulso adicional, até aproximadamente t = 10^26 s, e este impulso adicional como se observa vai diminuindo à medida que o tempo cresce, o que leva a que a pendente da constante de Hubble também diminua com o tempo até t = 10^26 s, seja nula; um ponto de inflexão, daí em diante a pendente volta a ser negativa novamente e a constante começa a diminuir. Entre os tempos 10^-13 s e 10^13 s, H = 3 10^21 m/s e é constante no tempo.

0

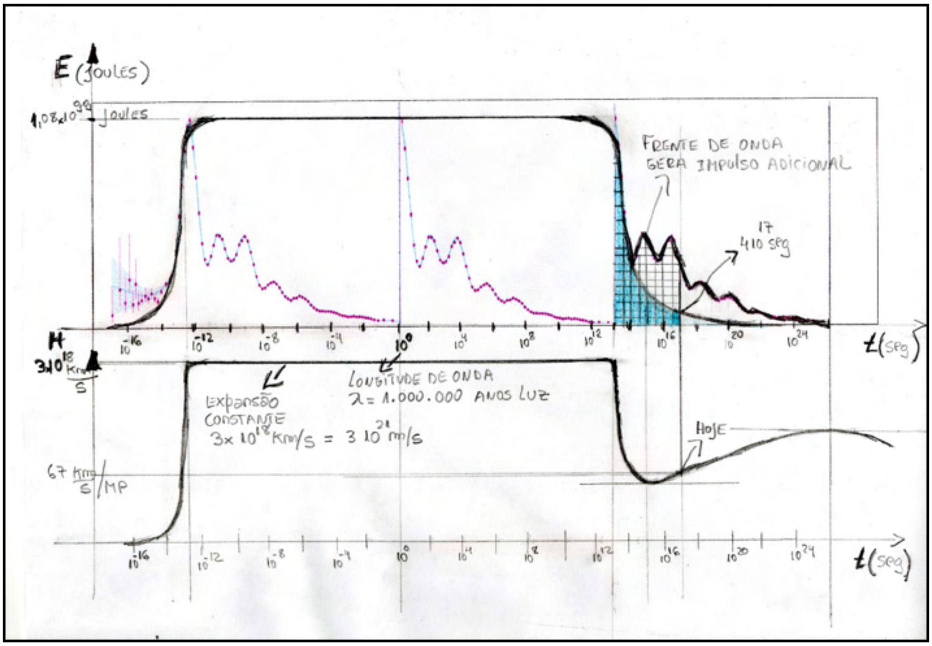


Figura 5 – Constante de Hubble H em função do tempo t.

Se observa que existem 2 pontos de inflexão, o primeiro (constante de Hubble muda de pendente negativa para positiva) ocorre no tempo compreendido entre t =10^14 s e t = 10^16 s, e o segundo (constante de Hubble muda de pendente positiva para negativa) ocorre no tempo t = 10^26 s; lembrar que o tempo atual, hoje, corresponde a t = 4 10^17 s.

Na Figura 5, a escala do tempo representa o eixo horizontal, está determinada matematicamente pela equação de onda que gera as ondas gravitacionais na era inflacionária.

Temos que esclarecer que a equação de ondas que gera as ondas gravitacionais começa no tempo t = 10^-13 s, e termina de gerar as ondas no tempo t = 10^13 s; ou seja 26 passos na escala de potência de 10; isso nos diz que a primeira onda é gerada no tempo t = 10^-13 s; e a última onda é gerada no tempo t = 10^13 s, e esse atraso no tempo entre a primeira e a última onda é muito importante no efeito do fundo de radiação de micro-ondas do CMB e vamos implementá-lo da seguinte maneira:

A velocidade de propagação C_G = 3 10^21 m/s, segundo a equação das ondas gravitacionais.

Tempo aproximado em que se gerou a última onda, t = 10^13 s.

O espaço percorrido é, e = C_G x t = 3 10^21 m/s x 10^13 segs = 3 10^34 me = 3 10^34 m.

Então, o tempo que colocamos no eixo X do gráfico (H x t), vai estar determinado por

t = e / Cε = 3 10^34 / 3 10^8 = 10^26 s;

t = 10^26 ss.

Outra forma de entendê-lo é considerar que todas as ondas gravitacionais geradas, têm que percorrer o espaço e = 3 10^34 m, considerando que a última onda gerada começa em t = 10^13 s; se definimos intuitivamente 10^13 s, como t = 10^0 s, para essa onda, percorrer o espaço e = 3 10^34 m, ela vai terminar em t = 10^26 s, e isto corresponde a t = 10^13 s.

Nós podemos deduzir que o universo ainda está na Fase 1, isso implica que ainda o espaço-tempo está na etapa do alongamento e as velocidades da expansão C_G >> C; isso vai concluir no tempo t = 10^26 s; a partir de então o universo ficará estabilizado e também podemos dizer que os efeitos das ondas gravitacionais, Fase 1, da era inflacionária, deixariam de existir.

Também vamos dizer que o gráfico do espectro sonoro de ondas acústicas do CMB, é um reflexo da era inflacionária, no princípio do Big Bang, o que realmente aconteceu com as ondas gravitacionais e como elas evoluíram no tempo.

CÁLCULO DA ENERGIA DO BIG BANG DISSIPADA ATÉ t = 5 10^17 s - HOJE

Vamos considerar os passos totais que correspondem a 26, e logo vamos dividir 17,5 que correspondem aos passos de hoje pelos passos totais da seguinte maneira:

E(%) = (17,5 / 26) x 100 = 67,30

Isso nos está indicando que para t = 5 10^17 s, que corresponde ao dia de hoje, a energia total que convolucionou com o espaço-tempo é de 67,3% aproximadamente.

Tem outro jeito formal de fazer esses mesmos cálculos, mais é muito mais complicado de escrever. A ideia é a seguinte, determinar a área total até um tempo 10^26 s; logo, determinar a área até o tempo dos dias de hoje 10^17s; com esses valores se podem calcular os porcentagens correspondentes.

100% – 67,30% = 32,7%, é a quantidade de energia faltante para completar o 100% da convolução do Big Bang com o espaço-tempo.

32,7% da energia restante vai convolucionar com o espaço-tempo no tempo compreendido entre t = 10^17 seg, até t = 10^26 s e é o que determina a aceleração da expansão do espaço-tempo de nosso universo, ou seja, o que nós chamamos energia escura e faz que a pendente da constante de Hubble seja positiva.

Vamos repetir novamente: o universo se encontra na Fase 1, o que indica que ainda não está terminada a expansão do alongamento do espaço-tempo até t = 10^26 s, a partir de então, a constante de Hubble chega a um ponto de inflexão de pendente nula e logo

muda a pendente negativa, ou seja, o universo começa a desacelerar.

Aqui, meu modelo tem uma diferença comparado ao modelo Lambda-CDM. No meu modelo, o 100% da energia do Big Bang corresponde à energia da matéria escura, 67,3% corresponde à energia que está convolucionando com o espaço-tempo do universo e o 32,7% corresponde à energia da matéria escura que ainda falta convolucionar com o espaço-tempo do universo (32,7% é a quantidade da matéria escura). No meu modelo, a matéria bariônica ou normal, é depreciável respeito às outras componentes de energia.

Segundo meu modelo, o 100% da energia gerada no Big Bang corresponde à energia da matéria escura. A relação da energia da matéria escura é de 10^26 vezes em ordem de magnitude maior que a energia da matéria bariônica ou normal, que nós conhecemos.

No momento zero que ocorre o Big Bang, a massa da energia escura é Me = 1,20 10^82 kg e a massa da matéria bariônica ou normal é Mn = 1,20 10^56 kg.

ET = 100% energia escura (matéria escura)

EC+ = 67,3%, energia que convolucionou com o espaço-tempo.

EC- = 32,7%, energia que resta convolucionar com o espaço-tempo.

ET = EC- + EC+

Vamos demonstrar mediante equações porque 100% da energia do Big Bang corresponde à energia da matéria escura.

É preciso lembrar o seguinte: meu modelo se sustenta na hipótese principal que o Big Bang se origina da explosão de um buraco negro.

Vamos considerar a massa de um buraco negro Ms = Ma - iMr.

Dentro de um buraco negro não existe campo de força eletromagnético e campo de força débil, e os quarks e glúons podem viajar a uma velocidade maior que C = 300.000 km/s. Isso foi definido como hipóteses para poder dizer que a massa de um buraco negro está formada pela massa real ou bariônica que nós conhecemos Ma, e a massa imaginária ou massa da matéria escura Mr.

Quando eu falo que o universo tem que recuperar seu tamanho original, isso está relacionado com o fator de escala da constante de Boltzmann e podemos explicá-lo da seguinte maneira; quando se forma um buraco negro o espaço-tempo se contraem no fator de 10^15, em três dimensões e 10^5 em uma dimensão; quando explode o buraco negro o espaço-tempo tem que recuperar o tamanho original.

Substituímos Ms na equação $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2)\ C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2)\ C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2)\ C^4 - 2iMaMrC^4$

iii) Para $t \rightarrow 0$, início do Big Bang.

$Mr >> Ma$

$E^2 = - Mr^2C^4 - 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> P^2C^2 - 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

$E = (+/-)\ iMr \times C^2$

Mr = 1,20 10^82 kg

Ma = 1,20 10^56 kg

C = 3 10^8 m/s

E = +/- i 1,20 10^82 x 9 10^16

E = +/- i 10,8 10^98

- E = (+/-) i 1,08 10^99 J

iv) Para $t \rightarrow \infty$, espaço-tempo estabilizado, $Mr \rightarrow 0$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2)\ C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$E = (+/-)\ \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$

É a massa de matéria escura Mr, massa imaginária, que define a energia total do Big Bang, e é essa energia que gera o espectro de ondas gravitacionais, o espectro de ondas eletromagnéticas e todas as outras formas de energia.

O duplo sinal de energia corresponderia à matéria formada por quarks e glúons que seriam dados pela expressão E = -iMr x C^2. A energia E = i Mr x C^2 estaria associada à antimatéria; ambas as energias seriam usadas para expandir o espaço-tempo (Big Bang) para recuperar seu tamanho original. Essa energia é o resultado de assumir que quarks e glúons têm uma velocidade C > 300.000 km/s; outra maneira de interpretar isso é assumir C = 300.000 km/s constantes; mas isso não levaria a definir massa resultante Ms = Ma - iMr, ou seja, a massa imaginária é criada.

A energia que corresponderia à antimatéria seria parte da mesma estrutura do espaço-tempo. A interação da matéria com o espaço-tempo que chamamos de gravidade não seria nada mais do que a interação da matéria com a antimatéria e através desse

mecanismo as energias são canceladas, ou seja, mais uma vez o princípio da conservação da energia é aplicado. Isso seria análogo ao que Dirac disse que a matéria estaria em um mar de antimatéria sendo antimatéria a mesma estrutura espaço-tempo.

CÁLCULO DE << ΩM,o >>

Vamos calcular ΩM,o. Segundo a Figura 6.

ΩM,o = 0,25

Vamos calcular ΩM,o com nossos dados obtidos de nosso modelo.

Em nosso modelo, a massa calculada do universo corresponde a:

Ma = 1,20 10^56 kg, massa bariônica de nosso universo.

Ms = 1,20 10^82 kg, massa de matéria escura do nosso universo.

A partir de hoje, corresponde um t = 4,35 10^17 segs.

Quanto espaço expandiu até hoje? Vamos calcular.

Vamos considerar duas possibilidades:

1) Expansão máxima:

R = 3 10^21 m/s x 4,3 10^17 s = 12,89 10^38 m

O tempo médio estimado no universo é 13.800 10^6 anos.

13.800 10^6 anos, correspondem a t = 4,35 10^17 s

Vamos calcular o espaço que a luz viajou naquele tempo com C = 3 10^8 m/s.

E = V x t = 3 10^8 x 4,35 10^17 = 13,05 10^25 m

Em uma dimensão, o universo terá o seguinte raio:

Ru = 1,28 10^39 + 13,05 10^25 ≈ 1,28 10^39 m

Ru = 1,28 10^39 m, raio do universo.

Du = 2,56 10^39 m, diâmetro do universo.

1 ano-luz = 9,46 10^15 m

Ru = 12,8 10^38 / 9,46 10^15 = 1,3530 10^23 anos-luz

Ru = 1,3530 10^5 x 10^18 anos-luz

- Ru = 135.300 trilhões de anos-luz, raio do universo.
- Du = 270.600 trilhões de anos-luz, diâmetro do universo.

Conhecendo o raio do universo, calcularemos a densidade.

Ru = 1,28 10^39 m, raio do universo.

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^82 /1,33 x 3,14 x 2,09 10^117

ρ = 1,20 10^82 / 8,72 10^117 = 0,13 10^-35 kg/m^3 = 1,3 10^-36 kg/m^3

ρ = 1,3 10^-36 kg/m^3

ρ = 1,3 10^-39 g/cm^3

ρo = 1,3 10^-39 g/cm^3, densidade do universo hoje.

ρcr,o = 3,84 10^-29 g/cm^3, densidade crítica do universo hoje.

ΩM,o = ρo / ρcr,o = 1,3 10^-39 / 3,84 10^-29 = 0,33 10^-10

ΩM,o = 0,33 10^-10
ΩM,o < 1

2) Expansão mínima:

R = 3 10^21 m/s x 1,22 10^13 s = 3,66 10^34 m

O tempo médio estimado no universo é 13.800 10^6 anos.

13.800 10^6 anos, correspondem a t = 4,35 10^17 s

Vamos calcular o espaço que a luz viajou naquele tempo com C = 3 10^8 m/s.

E = V x t = 3 10^8 x 4,35 10^17 = 13,05 10^25 m

Em uma dimensão, o universo terá o seguinte raio:

Ru = 3,66 10^34 + 13,05 10^25 ≈ 4,66 10^34 m

Ru = 3,66 10^34 m, raio do universo.

Du = 7,32 10^34 m, diâmetro do universo.

1 ano-luz = 9,46 10^15 m

Ru = 3,66 10^34 / 9,46 10^15 = 0,3868 10^19 anos-luz

Ru = 3,86 10^18 anos-luz

- Ru = 3,86 trilhões de anos-luz, raio do universo.
- Du = 7,72 trilhões de anos-luz, diâmetro do universo.

Conhecendo o raio do universo, calcularemos uma densidade.

Ru = 3,86 10^34 m, raio do universo.

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^82 /1,33 x 3,14 x 57,51 10^102

ρ = 1,20 10^82 / 240,17 10^102 = 0,004996 10^-20 kg/ m^3 = 4,996 10^-23 kg/m^3

ρ = 4,996 10^-23 kg/m^3

ρ = 4,996 10^-26 g/cm^3

ρo = 4,996 10^-26 g/cm^3, densidade do universo hoje.

$\rho_{cr,o} = 3{,}84\ 10^{-29}\ g/cm^3$, densidade crítica do universo hoje.

$\Omega_{M,o} = \rho_o / \rho_{cr,o} = 4{,}996\ 10^{-26} / 3{,}84\ 10^{-29} = 1{,}30\ 10^3$

$\Omega_{M,o} = 1{,}30\ 10^3$ $\Omega_{M,o} > 1$

3) Finalmente, podemos concluir que $\Omega_{M,o}$; varia entre os seguintes limites

$0{,}33\ 10^{-10} < \Omega_{M,o} < 1{,}30\ 10^3$

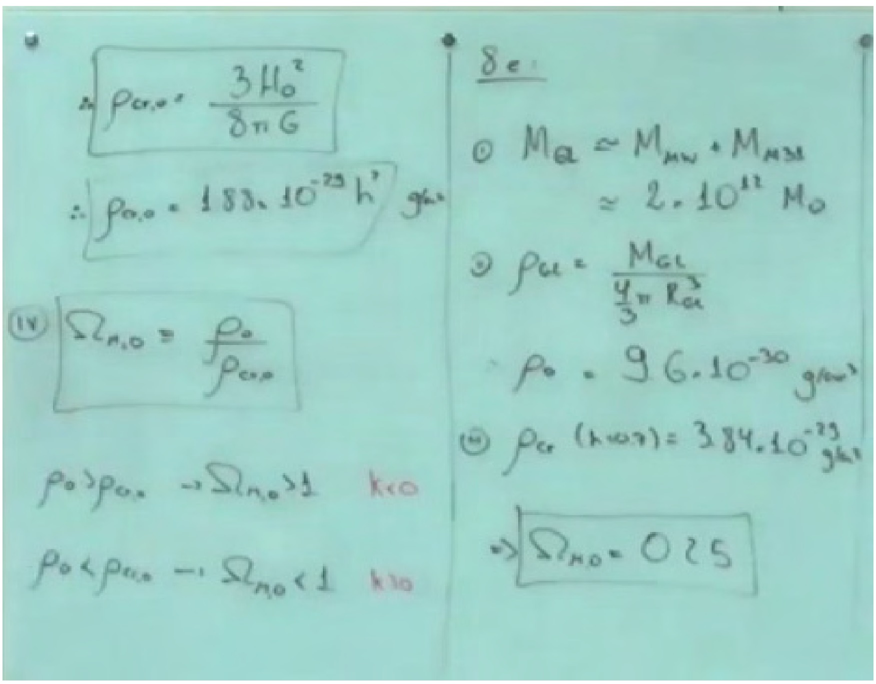


Figura 6 – Cálculo $\Omega_{M,o}$.

DIFERENÇA NA CONSTANTE DE HUBBLE MEDIDA PELOS DIFERENTES MÉTODOS: CMB, SUPERNOVA IA, LENTES GRAVITACIONAIS E ONDAS GRAVITACIONAIS

Se observamos a Figura 7, o tempo compreendido entre 10^{14} s e 10^{17}s, vemos a região quadriculada dividida em duas partes. A primeira parte colorida em azul claro, representa a primeira frente de onda gravitacional $\lambda 1 + \Delta\lambda$ que continua até zerar, e a segunda parte quadriculada sem colorir que representa a segunda e terceira frente de onda gravitacional $\lambda 2+\Delta\lambda$ e $\lambda 3+\Delta\lambda$, que dá um impulso adicional de energia que faz com que a

constante de Hubble cuja pendente estava diminuindo chegue ao ponto de inflexão e mude a pendente positiva.

Se observarmos o espectro de energia entre 10^13 s e 10^17 s na Figura 7, vemos intuitivamente que não têm uma relação linear, por tanto, nós teremos que encontrar qual é a relação correta para determinar como varia a constante de Hubble desde a era da recombinação, 10^13 s, até os dias de hoje, 10^17 s.

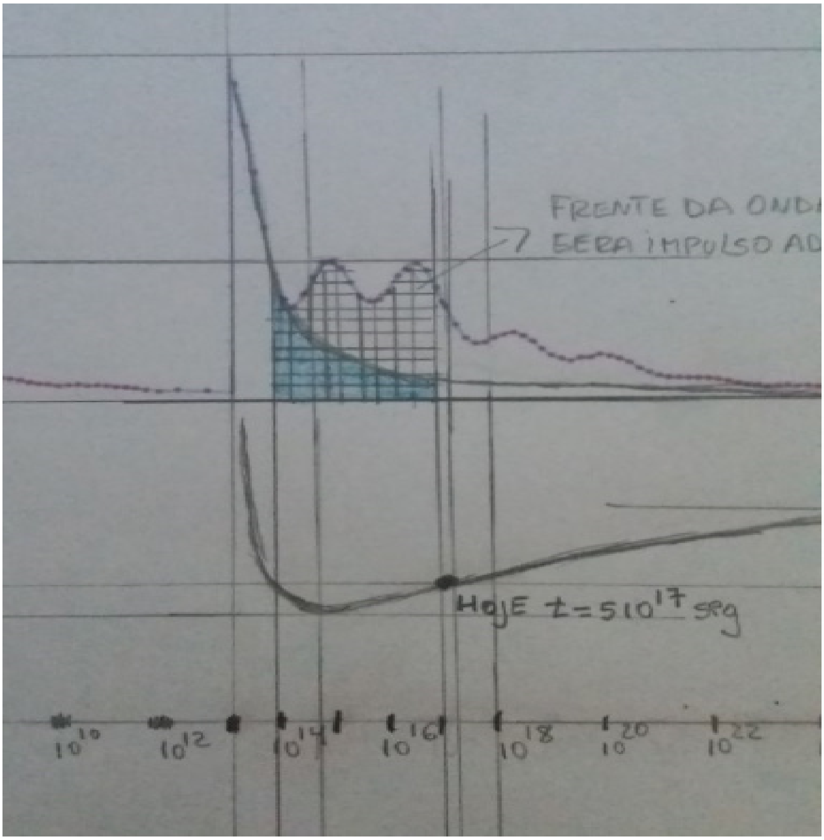


Figura 7 – Variação da constante de Hubble.

Se a calibração das oscilações acústicas de Bárions, se utilizaram para determinar a constante de Hubble é linear ou não é a certa, então a medição da constante de Hubble está errada para os dias de hoje que corresponde a 67 km/s/Mp. É muito importante encontrar a relação exata para determinar com exatidão como varia a constante de Hubble desde a era da recombinação até os dias de hoje.

Aqui há um ponto muito importante, nós teremos que encontrar a equação correta que determine como se geram as ondas gravitacionais na era inflacionária e calibrar estas

com as oscilações acústicas de Bárions para ter um norte que nos indique com exatidão como vai variar a constante de Hubble com o tempo. Possivelmente depois disso ambos os métodos vão concordar!

Na Figura 8, se observa o pico acústico de b**á**rion em função da correlação ξ(z).

Se compararmos a Figura 7 com a Figura 8, vemos que ambas figuras t**ê**m uma similaridade, sendo uma sobre densidade de matéria que determina um excesso de matéria adicional, e é justamente esse excesso de matéria o que está indicando uma frente de onda λ+Δλ, de energia adicional, que dá um impulso adicional para incrementar a pendente da constante de Hubble e faz que o universo fique acelerando. Nós estamos dizendo que o universo não recuperou ainda seu estado original após do Big Bang, o espaço-tempo ainda está se expandindo o que indica que ainda estão gerando-se ondas gravitacionais, como indica a Figura 7 – Variação da constante de Hubble.

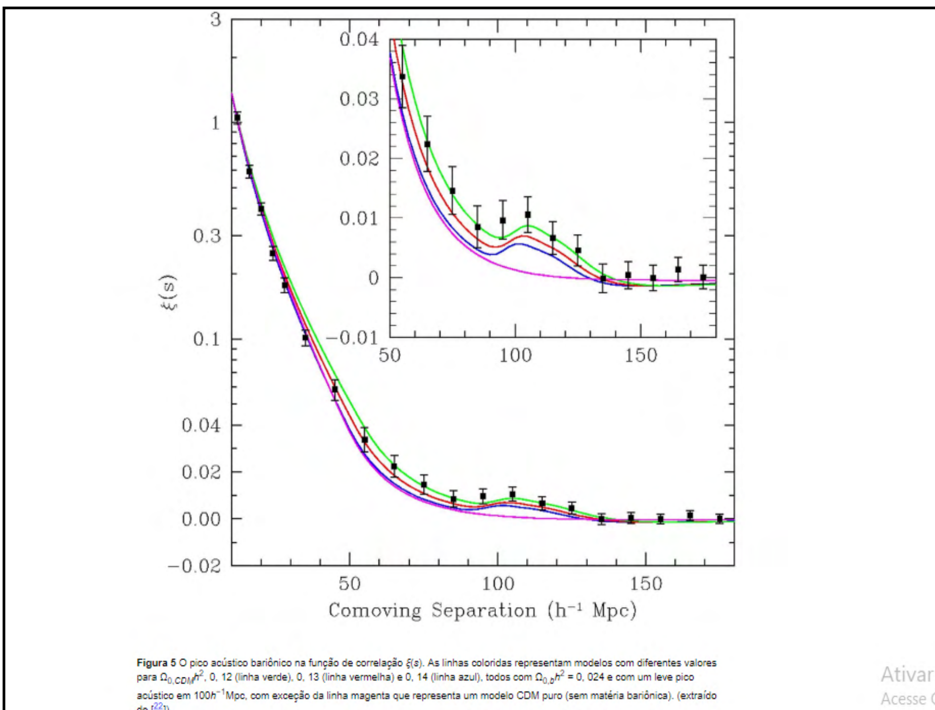


Figura 8 – O pico acústico bariônico em função da correlação ξ(z).

CONCLUSÕES FINAIS:

Quando medimos a constante de Hubble utilizando o método das supernovas IA, nos dá H = 74 km/s/Mpc.

Quando medimos a constante de Hubble, utilizando o fundo de radiação de micro-

ondas CMB, nos dá H = 67 km/s/Mpc.

Quando medimos a constante de Hubble utilizando a fusão de estrelas de nêutrons utilizando o espectro eletromagnético e as ondas gravitacionais, nos dá H = 66,2 km/s/Mpc.

Quando medimos a constante de Hubble utilizando uma supernova IA e lentes gravitacionais, nos dá H = 64 km/s/Mpc.

Qual de todos esses valores é o correto? Ou será que todos os valores são corretos?

Quando vemos a Figura 7, observamos que a constante de Hubble **é** variável com o tempo pela energia adicional da segunda frente de onda $\lambda 2+\Delta\lambda$ e da terceira frente de onda $\lambda 3+\Delta\lambda$, também encontramos este efeito nas oscilações acústicas de bárions.

É importante lembrar que as ondas gravitacionais se geram como uma função do tempo que vai de 10^-13 s até 10^13 s, e elas se propagam no espaço-tempo a uma velocidade de 10^21 m/s, até que todo o espaço-tempo recupere seu tamanho original. Quando falamos que o espaço-tempo tem que recuperar seu tamanho original estamos dizendo que cada onda gravitacional gerada, tem que percorrer uma distância aproximada de 10^34 m. A última onda gravitacional vai se gerar em t = 10^13 s, e vai terminar em 10^26 s, a uma taxa de expansão de 10^21 m/s. Isso nos está dizendo que nos dias de hoje o universo (espaço-tempo) ainda não recuperou seu tamanho original, pelo qual o espaço-tempo se expande com velocidades variável, e mais, eu diria que temos que encontrar as autopistas espaciais que nos permitam viajar a uma velocidade maior que a velocidade da luz a uma taxa de 10^21 m/s.

Possivelmente os valores das constantes de Hubble determinados pelos quatros métodos diferentes são corretos e a diferença mesma entre os valores calculados para a constantes de Hubble se deve a que a expansão do espaço-tempo é diferente em cada lugar que se realiza as medições.

Para concluir, o espectro de ondas gravitacionais criadas na era inflacionária afetam a expansão do espaço-tempo de maneira não uniforme e determinam as variações das constantes de Hubble como indicam os resultados das medições realizadas nos métodos expostos anteriormente.

Também, o espectro de ondas gravitacionais que fazem com que o espaço-tempo se expanda não uniformemente é a causa da expansão acelerada do espaço-tempo de nosso universo.

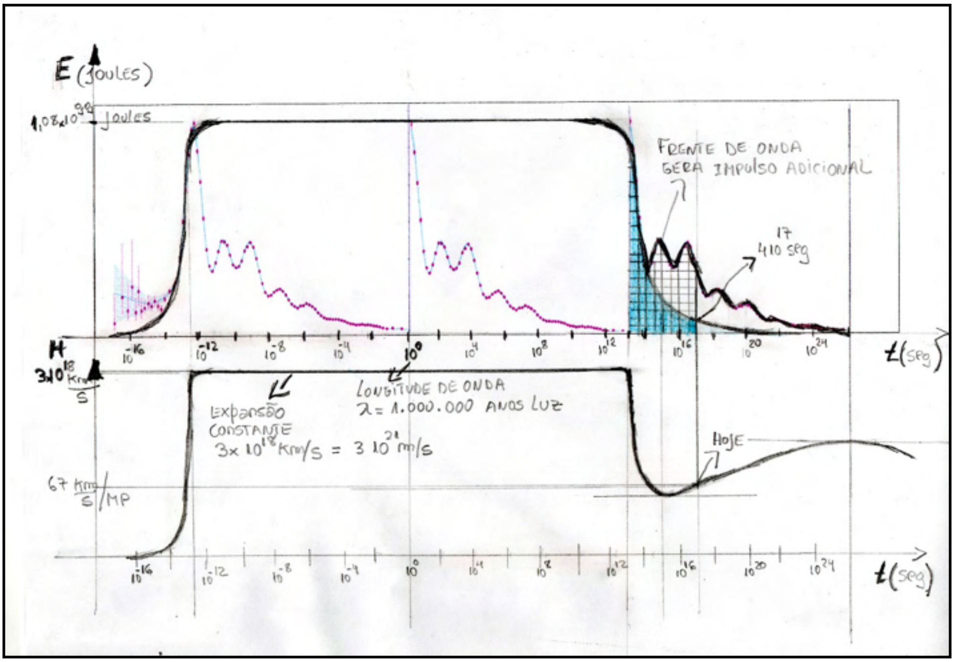


Figura 9 – Gráfico inferior (H,T).

Na Figura 9, o gráfico superior representa a energia das ondas gravitacionais versus o tempo t, e o gráfico inferior representa a variação da constante de Hubble versus o tempo t.

O intervalo de tempo 10^13 s até 10^17 s, aproximadamente representa a era da recombinação 380.000 anos depois do Big Bang até os dias de hoje, e está marcado em azul claro.

APÊNDICE 4

CÁLCULO DA RELAÇÃO DE MATÉRIA-ENERGIA DO UNIVERSO NO MODELO RLC

∂ = 5 10^17 /10^26 = 5 10^-9

E@ = 5 10^-9 x 1,08 10^99 J

- E@ = 5,40 10^90 joules, é a quantidade de energia que convolveu com o espaço-tempo em um tempo t = 5 10^17 s.

M@ = 5 10^-9 x 1,20 10^82 kg

- M@ = 6,00 10^73 kg, é a quantidade de massa que convolveu com o espaço-tempo em um tempo t = 5 10^17 s.

Porcentagem de E@ e M@%.

E@% = (5,40 10^90 / 1,08 10^99) x 100 = (5 10^-9) x 100 = 5 10^-7 = 0,0000005%

M@% = (6,00 10^73 / 1,20 10^82) x 100 = 0,0000005%

De acordo com cálculos, para t = 5 10^17 s, a quantidade de energia que convolveu com o espaço-tempo corresponde a 0,0000005% de um total de 1,08 10^99 J.

De acordo com cálculos, para t = 5 10^17s, a quantidade de matéria Mr que convolveu com o espaço-tempo corresponde a 0,0000005% de um total de 1,20 10^82 kg.

Praticamente 100% da energia está faltando para convolver com o espaço-tempo, e isso é obtido em t = 10^26 s.

Vamos trabalhar tudo como função da matéria.

Para t = 0, toda a matéria do universo é Mr, ou seja, matéria escura.

- Para t = 5 10^17 s,

Para t = 5 10^17s, a quantidade de matéria Mr que convolveu com o espaço-tempo corresponde a 0,0000005% de um total de 1,20 10^82 kg.

A quantidade de matéria que resta para convolver corresponde a:

Mε = (100 – 0,0000005) = 99,9999995%

Mε = 99,99999995%, é a quantidade de matéria escura para t = 5 10^17s.

Eε = 0,0000005%, é a quantidade de energia escura para t = 5 10^17s.

Vamos calcular a porcentagem de matéria normal em relação à matéria escura.

Mn% = (1,20 10^56 / 6 10^73) x 100 = 2 10^-16%

Pelos cálculos, até hoje, 99,99999995% do bolo que compõe o universo é matéria escura, 0,0000005% é energia escura e a quantidade de matéria normal ou bariônica é depreciável.

APÊNDICE 5

FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN E A DETECÇÃO DOS BURACOS NEGROS

Neste artigo, usando ondas gravitacionais, vamos apresentar um método que nos permite definir se o modelo Lambda-CDM ou o modelo RLC está certo.

Hipótese: Todos os buracos negros possuem uma frequência de vibração intrínseca, própria, que permite que sejam detectados, sua detecção dependerá da variação da energia potencial da onda gravitacional emitida para o espaço-tempo com uma frequência características, isso é o que vai detectar Ligo ou Virgo. Em os cálculos realizados, consideramos variações na energia potencial equivalente a 1ϴ massa solar, 3ϴ massas solares e a massa da terra; referida a massa de 1 kg. Vamos tomar como base a fusão de dois buracos negros detectados pelo LIGO.

i) Fusão de dois buracos negros.

Exemplo 1:

A1 = 36ϴ = 36 X 2 10^30 kg = 72 10^30kg

A2 = 29ϴ = 58 10^30 kg

A3 = A1 + A2 = 62ϴ = 124 10^30 kg

Δ = 3ϴ = 6 10^30 kg, três massas solares se dissiparam na forma de onda gravitacional.

Vamos calcular o raio de Schwarzschild.

Rs = (2 x G x M) / Cˆ2, Raio de Schwarzschild

Rs = 2 x 6,6710^-11 x 124 10^30 /9 10^16

Rs = 1654,16 10^19 / 9 10^16 = 183,79 10^3

Rs = 183,79 10^3 m

ΔEp = (-G x ΔM x m)/r, variação da energia potencial gravitacional; m = 1 kg.

Vamos calcular ΔEp à distância Rs

ΔEp = -6,67 10^-11 x 6 10^30 / 183,79 10^3

ΔEp = - 40,01 10^19 /183,79 10^3

- ΔEp = -2,176 10^15 J
- Agora vamos calcular ΔEp a uma distância de 410 Mpc.

ΔEp = (-G x ΔM x m)/r, energia potencial gravitacional.

r = 410 MPC = 1,26 10^25 m

ΔEp = (-6,67 10^-11 x 6 10^30) / 1,26 10^25 = - 40,01 10^19 / 1,26 10^25

ΔEp = -31,74 10^-6 JΔEp = -31,74 μ J

Para variações de energia potencial gravitacional da ordem de microjoules, produz-se deslocamento no interferômetro LIGO da ordem de 10^-21 m em uma faixa de frequência que vai de (35 a 350) Hz.

MODELO RLC DO UNIVERSO

ii) Buraco negro Sagitário A*

M * = 9,54 10^41 kg, consulte o artigo: *Dos buracos negros ao Big Bang*.

Rs* = 6 10^9 m

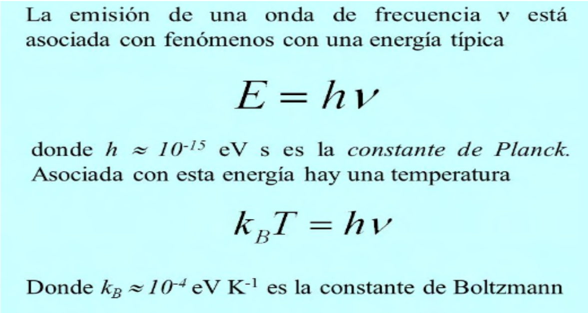


Figura 1

Vamos calcular a frequência característica de Sagitário A*.

E_G = K_{BG} x T_G = 1,78 10^-43 x 3 10^14 = 5,34 10^-29 J

E_G = 5,34 10^-29 J, energia do gráviton.

E_G = 3,33 10^-10 eV

E_G = h x f_G; f_G = E_G / h = 5,34 10^-29 / 6,62 10^-34 = 0,80 10^5 = 8,0 10^4 Hz

- f_G (+/-) Δf_G = 80.000 Hz; frequência característica.
- λ_G (+/-) Δλ_G = 1,28 10^6 m; comprimento de onda característico.

Vamos calcular ΔEp para Rs *, considerando 1Θ (uma massa solar).

ΔEp = (-G x ΔM x m)/r, energia potencial gravitacional; m = 1 kg.

ΔEp = - 6,67 10^-11 x 2 10^30 / 6 10^9

ΔEp = - 13,34 10^19 / 6 10^9

$\Delta Ep = -2{,}22\ 10^{10}$ J

Agora vamos calcular ΔEp a uma distância de 26.000 anos-luz.

$r = 2{,}45\ 10^{20}$ m

$\Delta Ep = -6{,}67\ 10^{-11} \times 2\ 10^{30} / 2{,}45\ 10^{20}$

$\Delta Ep = -13{,}34\ 10^{19} / 2{,}45\ 10^{20} = -5{,}44\ 10^{-1}$

$\Delta Ep = -5{,}44\ 10^{-1}$ J, a uma frequência característica de 80 KHz

iii) Vamos assumir uma relação linear entre a energia Ep e o deslocamento no instrumento LIGO.

10^-7 Joules --------------------- 10^-22 m

1 μ Joules ----------------------10^-21 m

10^-1 Joules ----------------------10^-16 m

____11 Joules ----------------------10^-15 m

10^5 Joules ----------------------10^-10 m

10^10 Joules ---------------------10^-05 m

Tabela 1 – Relaciona a energia de uma onda gravitacional com a sensibilidade do instrumento LIGO.

Vamos calcular ΔEp para Rs *, considerando a massa da Terra $5{,}97\ 10^{24}$ kg.

$\Delta Ep = (-G \times \Delta M \times m)/r$, energia potencial gravitacional.

$\Delta Ep = -6{,}67\ 10^{-11} \times 5{,}97\ 10^{24} / 6\ 10^{9}$

$\Delta Ep = -39{,}81\ 10^{13} / 6\ 10^{9}$

$\Delta Ep = -6{,}63\ 10^{4}$ J

Agora vamos calcular ΔEp a uma distância de 26.000 anos-luz.

$r = 2{,}45\ 10^{20}$ m

$\Delta Ep = -6{,}67\ 10^{-11} \times 5{,}97\ 10^{24} / 2{,}45\ 10^{20}$

$\Delta Ep = -39{,}81\ 10^{13} / 2{,}45\ 10^{20} = -16{,}24\ 10^{-7}$

$\Delta Ep = -16{,}24\ 10^{-7}$ J, a uma frequência característica de 80 KHz

Se Sagitário A* produz ondas gravitacionais equivalentes a variações de massa da ordem da Terra, o LIGO poderia medi-las, mas o problema estaria na faixa de frequência, e neste caso a frequência é alta, 80 KHz (+/-) Δf_G.

iv) Buraco negro Sagitário A*

M* = 8,1 10^36 kg

Rs* = 6 10^9 m

Vamos calcular a frequência característica de Sagitário A*.

$E_G = K_{BG} \times T_G$ = 1,38 10^-23 x 9,5 10^-14 = 13,11 10^-37 J

E_G = 13,11 10^-37 J, energia do gráviton.

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h$ = 13,11 10^-37 / 6,62 10^-34 = 1,98 10^-3 = 0,0019 Hz

- f_G (+/-) Δf_G = 0,0019 Hz

C = λ x f, λ = C/f = 3 10^8 / 0,0019

- λ_G (+/-) $\Delta\lambda_G$ = 1,57 10^11 m

Vamos calcular ΔEp para Rs *, considerando a massa da Terra 5,97 10^24 kg.

ΔEp = (-G x ΔM x m)/r, energia potencial gravitacional.

ΔEp = - 6,67 10^-11 x 5,97 10^24 / 6 10^9

ΔEp = - 39,81 10^13 / 6 10^9

ΔEp = - 6,63 10^4 J

Agora vamos calcular ΔEp a uma distância de 26.000 anos-luz

r = 2,45 10^20 m

ΔEp = - 6,67 10^-11 x 5,97 10^30 / 2,45 10^20

ΔEp = -39,81 10^13 / 2,45 10^20 = -16,24 10^-7

ΔEp = - 16,24 10^-7 J, a uma frequência característica de 1,9 10^-3 Hz

Se Sagitário A* produz ondas gravitacionais equivalentes a variações de massa da ordem da Terra, o LIGO poderia medi-las, mas o problema estaria na faixa de frequência, e neste caso as frequências seriam muito baixas, 1,9 10^-3 Hz (+/-) Δf_G.

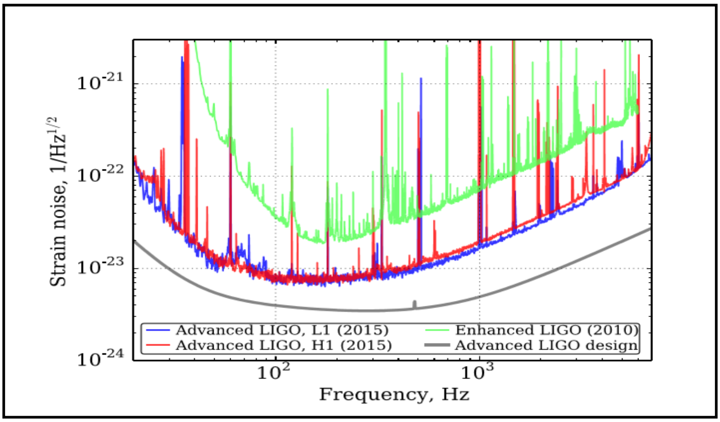


Figura 2

Conclusão:

Em ambos os modelos, a variação na energia gravitacional ΔEp equivalente à massa da Terra produz uma perturbação no instrumento LIGO da ordem de 10^-22 m, e a diferença entre os modelos será determinada pela frequência com que a referida perturbação é medida.

Observa-se que a variação da energia gravitacional da ordem da massa da Terra no Sagitario A, está no limite de detecção do interferômetro LIGO, à medida que melhoramos a sensibilidade do interferômetro, poderemos medir variações de energia menores que a massa da Terra.*

APÊNDICE 6

CÁLCULO DA MASSA CRÍTICA PARA PRODUZIR UM BURACO NEGRO NO LHC

Vamos calcular o raio Rs para um buraco negro de 3Θ.

Rs = 2 x G x M / C^2, raio de Schwarzschild

Rs = (2 x 6,67 10^-11 x 3 x 2 10^30) / 9 10^16

Rs = 80,03 10^19 / 9 10^16

Rs = 8,89 10^3 m

Cálculo da massa crítica:

Digamos primeiro que a temperatura na qual o plasma quark-glúon é produzido no LHC corresponde a 175 MeV (0,2 10^13 K). A questão é: por que um buraco negro não é produzido? Certamente as condições de existência dos quatro campos de força e a temperatura eletromagnética Tε são as principais causas que impedem a formação de um buraco negro.

Levando em consideração o exposto, vamos considerar a energia térmica média igual à energia potencial gravitacional de um buraco negro de raio Rs.

Eε = Epg

Eε, Energia térmica média de plasma quark e glúons.

Epg, Energia potencial gravitacional de um buraco negro de 3Θ e raio Rs = 8,89 10^3 m.

N x K_B x Tε = (G x M x M1) / Rs;

Consideramos a massa M1 como um corpo unitário de 1Kg de massa que orbita em torno de um buraco negro de massa M e raio Rs.

M é a massa de um buraco negro 3Θ = 6 10^30 kg.

N é igual ao número de partículas elementares.

(M/m) x K_B x Tε = (G x M x M1) / Rs;

M, é a massa de um volume V.

m, a quantidade de massa de uma partícula no volume V.

Dividimos tudo pelo volume V

(M/V) x m^-1 x K_B x Tε = G x (M/V) x M1 x Rs^-1

Consideramos em ambos os lados que as densidades ρ = M/V, são iguais.

(K_B x Tε) / m = (G x M1) / Rs

m = (K_B x Tε x Rs) / G x M1; equação de massa crítica para a criação de um BH no LHC

I) K_B = 1,38 10^-23 J/K, temperatura normal.

Quando o plasma quark-glúon é produzido, a constante de Boltzmann muda, então este cálculo realizado para este item é meramente ilustrativo.

m = (K_B x Tε x Rs) / G x M1

m = (1,38 10^-23 x 10^13 x 8,89 10^3) / 6,67 10^-11

m = 12,26 10^-7 / 6,67 10^-11 = 1,83 10^4

m = 1,83 10^4 kg

- m = 10,33 10^30 GeV/C^2

II) K_B = 0,17 10^-47 J/K, para uma temperatura de 10^18 K.

m = (K_B x Tε x Rs) / G x M1

m = (0,17 10^-47 x 10^18 x 8,89 10^3) / 6,67 10^-11

m = 1,51 10^-26 / 6,67 10^-11 = 2,37 10^-16 kg

m = 2,37 10^-16 kg

- m = 13,33 10^10 GeV/C^2

III) K_B = 1,78 10^-43 J/K, para uma temperatura de 10^13 K.

m = (K_B x Tε x Rs) / G x M1

m = (1,78 10^-43 x 10^13 x 8,89 10^3) / 6,67 10^-11

m = 15,82 10^-27 / 6,67 10^-11

m = 2,37 10^-16 kg

- m = 13,33 10^10 GeV/C^2

No artigo sobre o fator de escala da constante de Boltzmann, mostramos que a constante de Boltzmann no domínio das quatro forças fundamentais é K_B = 1,38 10^-23 J/K; em seguida, mostramos que a constante de Boltzmann em um buraco negro sob o domínio dos campos gravitacionais e a força forte é K_B = 1,78 10^-43 J/K.

Por segurança é recomendado não trabalhar com valores de energia maior que 13,33 10^10 GeV /c^2.

13,33 10^10 GeV/c^2, deve ser considerado um limite ou valor crítico de referência.

Atualmente, o acelerador de partículas do CERN está trabalhando com energias da ordem de 14 TeV.

O futuro acelerador de partículas a ser construído no CERN, está projetado para funcionar com energias da ordem de 100 TeV.

CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS – MASSA DE PLANCK

Por definição, a massa de Planck é:

mp = √ ((h x C) / G) = 2,17 10^-8 kg

Vamos calcular a massa crítica para produzir um buraco negro em um acelerador de partículas usando um raciocínio semelhante ao do cálculo da massa de Planck:

Em = Epg

Em energia da massa em repouso.

Epg, energia potencial gravitacional de um buraco negro de massa M e raio Rs.

m x c^2 = G x M x M1 / Rs

Vamos lembrar que a energia também é definida da seguinte forma:

Para um fóton de comprimento de onda λ,

E = (h x c) / λ, substituindo.

(N x h x c) / λ = G x M x M1 / Rs

Se considerarmos as seguintes condições:

λ / 2 = 2 x π x Rs, C = 2 x π x Rs, C = λ / 2; C = círculo de raio Rs.

M1 = 1 kg de massa.

Vamos obter a seguinte equação

N x h x c = 4 π x G x M x M1

M, é a massa de um volume V.

m, a quantidade de massa equivalente unitária no volume V.

N = M/m, remplazando obtenemos:

(M/m) x h x c = 4 x π x G x M x M1

Dividimos tudo pelo volume V, obtemos:

((M/V) x h x c) / m = 4 x π x G x (M/V) x M1

Si consideramos la densidade (M/V) iguales em ambos miembros, obtenemos:

(h x c) / m = 4 x π x G x M1

m = h x c / 4 x π x G x M1, equação da massa crítica de Planck

m = 6,62 10^-34 x 3 10^8 / 4 x 3,14 x 6,67 10^-11 x 1 kg

m = 19,86 10^-26 / 83,76 10^-11 = 0,237 10^-15 kg

m = 2,37 10^-16 kg

- m = 13,33 10^10 GeV/c^2

Quando a unidade de massa equivalente atinge o valor de 13,33 10^10 GeV/c^2, um buraco negro é produzido no acelerador de partículas.

Podemos ver como o valor calculado para a massa crítica neste item é quase coincidente com o valor de m, calculado no item III) com a constante de Boltzmann K_B = 1,78 10^-43 J/K.

- A massa de Planck mp = 1,2 10^19 GeV/c^2; não é o limite para formar um buraco negro em um acelerador de partículas.
- *13,33 10^10 GeV/c^2. Deve ser considerado um valor crítico ou limite e não devemos trabalhar com valores maiores no LHC.*

Comentários:

Neste artigo, podemos perceber a importância da constante de Boltzmann para determinar o valor da massa crítica ou a faixa de energia na qual podemos criar um buraco negro em um acelerador de partículas.

Lembre-se que o fator de escala da constante de Boltzmann nos permite quantificar o espaço-tempo e estamos aplicando exatamente esse critério para poder realizar os cálculos.

Usando dois métodos diferentes, devemos enfatizar como os resultados das equações mostradas a seguir são praticamente coincidentes para KB = 1,78 10^-43 J/K.

- $m = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$; m = 13,33 10^10 GeV/C^2.
- $m = h \times c / 2\pi \times G \times M1$; m = 13,33 10^10 GeV/c^2.
- Essa igualdade é dada para K_B = 1,78 10^-43 J/K.

ANÁLISE DO PLASMA DE QUARKS-GLÚONS E SUA RELAÇÃO COM OS BURACOS NEGROS

Método 1: Mudança de fase da matéria, temperatura de Hagedorn.

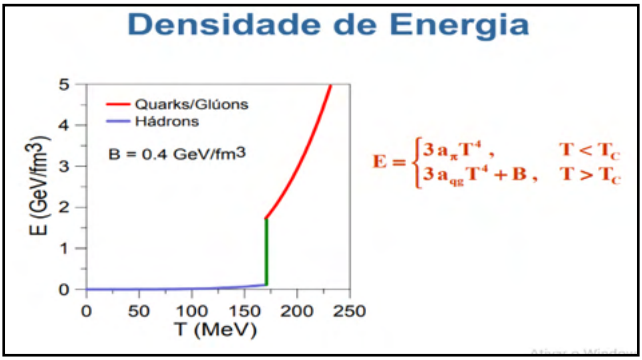


Figura 1

Para uma temperatura de 175 MeV, que corresponde a T = 0,2 10^13 K, ocorre uma mudança de fase no material, criando um plasma de quarks e glúons.

Dε = 1,7 Gev/fm^3

Dε = 1,7 Gev 10^45 Gev/C^2 x m^3

Dε = 1,7 x 1,78 x 10^45 x 10^-27 kg/m^3

- Dε = 3,02 10^18 kg/m^3, densidade aproximada de plasma quark e glúons.

i) Método 2: Cálculo da densidade de um buraco negro considerando Lc.

Lc = (G x M) / c^2, longitude característica.

Lc = 6,67 10^-11 x 6 10^30 / 9 10^16 = 40,02 10^19 / 9 10^16

Lc = 4,44 10^3 m

R = Lc / 2

· R = 2,22 10^3 m

Dε = m / v

Dε = 6 10^30 / 1,33 x 3,14 x 10,94 10^9 = 6 10^30 / 45,68 10^9

Dε = 0,1313 10^21

- Dε = 1,31 10^20 kg/m^3, densidade aproximada do plasma quarks e glúons.

ii) Método 3: Cálculo da densidade média do plasma quarks e glúons.

Massa de um quark up:

mu = 1,5 Mev / c^2 = 1,5 x 1,79 x 10^-30 kg

- mu = 2,68 10^-30 kg, massa do quark up.

md = 4,0 Mev/c^2 = 4,0 x 1,79 x 10^-30 kg

- md = 7,16 10^-30 kg, massa do quark down.

Agora vamos calcular o volume do quark para calcular a densidade.

Para calcular o volume do quark, vamos usar o fator de escala da constante de Boltzmann.

M = 3MΘ = 3 x 2 10^30 = 6,0 10^30 kg

T = 10^13 K

K_B = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^13 x 6,67 10^-11 x 6,0 10^30

K_B = 179,01 10^-10 / 1005,30 10^32 = 0,1780 10^42

K_{BQ} = 1,78 10^-43 J/K

D = K / K_{BQ}, D = 1,38 10^-23 /1,780 10^-43 = 0,7752 10^20 = 7,752 10^19

D = 7,752 10^19

D = Vc12 / Vq, Vq = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 7,752 10^19

Vq = 1,76 10^-30 / 7,752 10^19 = 0,2270 10^-49 = 2,270 10^-50 m^3

- Vq = 2,270 10^-50 m^3, volume do quark.

V = (4/3) x π x R^3, R = π √ (V/ 1,33 x π) = 3 √ (2,270 10^-50 / 4,17) = 3 √ 0,5435 10^-50

R = 3 √ 5,435 10^-51 = 1,758 10^-17 m

R = 1,758 10^-17 m, corresponde ao raio do quark quando o buraco negro se forma.

Agora que sabemos o volume do quark, vamos calcular a densidade.

Para o quark up, temos:

Dεu = m/v

Dεu = 2,68 10^-30 / 2,27 10^-50

Dεu = 1,18 10^20 kg/m^3, densidade do quark up.

Para o quark down, temos:

Dεd = m/v

Dεd = 7,16 10^-30 / 2,27 10^-50

Dεd = 3,15 10^20 kg/m^3, densidade do quark down.

Antes de um buraco negro ser formado, existe uma estrela de nêutrons, portanto, vamos tomar como referência um nêutron formado por dois quarks down e 1 quark up.

Dε = (Dεd + Dεd + Dεu) / 3

Dε = (2 x 3,15 10^20 + 1,18 10^20) / 3

Dε = 2,49 10^20 kg/m^3, densidade aproximada do plasma de quarks e glúons.

Com esses três métodos, demonstramos o seguinte:

1) O plasma de quark e glúons é formado com uma densidade aproximada Dε = 10^18 kg/m^3 para uma temperatura de 0,2 10^13K e a densidade vai aumentando

conforme a temperatura aumenta.

2) Um buraco negro estelar é um plasma de quark-glúon que, no momento de sua criação, tem uma densidade de 10^20 kg/m³ e uma temperatura de 10^13 K.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN E SEUS EFEITOS NOS BURACOS NEGROS

Nós sabemos, para um buraco negro se formar, existem condições críticas que devem ser atendidas:

Para um buraco negro estelar:

- T = 10^13 K
- K_B = 1,78 10^-43 J/K
- M = 3ϴ = 6 10^30 kg
- Dε = 10^20 kg/m³

Para um buraco negro no LHC:

- T = 10^13 K
- K_B = 1,78 10^-43 J/K
- mc = 2,3 10^-16 kg
- Dε = 10^20 kg/m³

Se analisarmos a Figura 1, vemos como a densidade de energia do plasma de quarks e glúons aumenta à medida que a temperatura aumenta após a transição do material ou mudança de fase para formar o plasma de quarks e glúons.

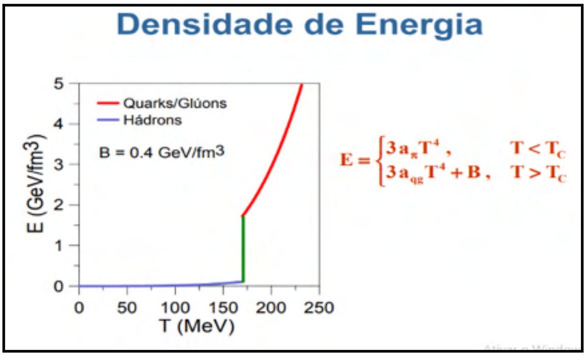


Figura 1

Se olharmos para a Figura 1, vemos que para T = 175 MeV (0,2 10^13 K), a

mudança de fase do material ocorre, tornando-se um plasma de quarks e glúons com uma densidade de energia de aproximadamente 1,7 GeV / (c^2 x fm^3); se a temperatura continuar a aumentar após 175 MeV, observa-se que a densidade de energia também aumenta e é representada no gráfico pela curva vermelha.

A transição de fase do material é representada pela curva verde.

O que aconteceria se aplicássemos 200 MeV instantaneamente, sem passar pelo aumento gradual da temperatura: nesse caso vemos que a transição se deslocaria para a direita e corresponderia aos seguintes valores, conforme mostrado na Figura 2:

- T = 200 MeV (2,32 10^13 K)
- E = 3 GeV/ (c^2 x fm^3)

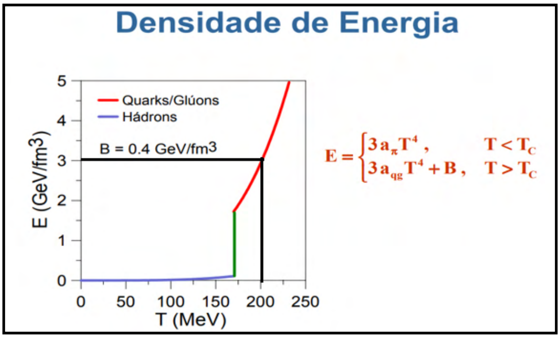


Figura 2

Considerando a Figura 2, vamos calcular o intervalo da constante de Boltzmann entre as temperaturas 175 MeV (0,2 10^13 K) e 870 MeV (10^13 K).

Vamos considerar que a relação de densidade de energia E (GeV / fm3) vs T (MeV) é linear.

T = 175 MeV – 0,2 10^13 K – 3,02 10^18 Kg/m3 – K_B = ?

T = 870 MeV – 10^13 K – 1,3 10^20 Kg/m3 – K_B = 1,78 10^-43 J/K

K_B = (1,78 10^-43 x 1,3 10^20) / 3,02 10^18, relação inversa.

K_B = 0,76 10^-41 J/K

Calculamos para o momento que ocorre a transição e o plasma quark-glúon é formado:

- T = 175 MeV = 0,2 10^13 K.
- Dε = 3,02 10^18 kg/m^3
- K_B = 0,76 10^-41 J/K.

Finalmente, vamos dizer que para T = 175 MeV ocorre a transição de fase e o plasma de quarks e glúons é gerado para uma densidade de energia Dε = 3,02 10^18 kg/m^3 e uma constante de Boltzmann correspondente K_B = 0,76 10^-41 J/K. De acordo com o gráfico da Figura 2, conforme a temperatura sobe para acima do valor crítico, vemos que a densidade de energia aumenta e consequentemente a constante de Boltzmann varia. Também sabemos que para formar um buraco negro estelar ou em um acelerador de partículas, existe uma massa crítica que devemos atingir ou exceder.

A criação de um buraco negro estelar não depende do homem, depende de processos naturais, portanto a constante de Boltzmann é da ordem K_B = 1,78 10^-43 J/K para todos os casos.

A criação de um buraco negro em um acelerador de partículas depende do homem, portanto a constante de Boltzmann pode variar de K_B = 1,78 10^-43 J/K a K_B = 3,55 10^-55 J/K; em outras palavras, podemos criar buracos negros com diferentes constantes de Boltzmann? Mais tarde, tentaremos responder a essa pergunta.

SIGNIFICADO DE MASSA CRÍTICA mc

Agora que sabemos que a mudança de fase do material ocorre a uma temperatura de 175 MeV (0,2 10^13 K), formando o plasma de quarks e glúons. Na Figura 1 ou Figura 2, vemos que conforme a temperatura aumenta, aumenta também a densidade de energia do plasma de quarks e glúons, consequentemente variando a constante de Boltzmann, o que resta-nos perguntar, qual seria a massa ou a quantidade de material necessária para formar um buraco negro? A resposta é a seguinte, a massa crítica para formar um buraco negro mc = 2,3 10^-16 kg, é a mesma para a faixa de temperatura entre 10^13 K e 5 10^26 K.

APÊNDICE 7

COMO MANIPULAR A ESTRUTURA ESPAÇO-TEMPO DE UM BURACO NEGRO NO LHC

Neste artigo vamos desenvolver a teoria que nos permite manipular um buraco negro em um acelerador de partículas.

Vamos descrever a fórmula que nos permite calcular a massa crítica para produzir um buraco negro em um acelerador de partículas:

- mc = (K_B x Tε x Rs) / G x M1
- mc = h x c / 2π x G x M1
- Essa igualdade se dá para K_B = 1,78 10^-43 J/K

Também precisaremos da fórmula de radiação Hawking:

- T= h x c^3 / (8 x π x K_B x G x M)

Lembremos que o fator de escala da constante de Boltzmann é o instrumento que nos permite quantificar o espaço-tempo.

Calculamos para K_B = 1,78 10^-43 J/K, a uma temperatura de 10^13 K

- mc = 13,33 10^10 GeV/c^2, massa crítica para produzir um BH no LHC.
- mc = 2,37 10^-16 kg

A) Vamos considerar K_B = 1,78 10^-43 J/K, constante.

Vamos lembrar que o circuito elétrico de um buraco negro é análogo a um circuito RC e que a massa de um buraco negro pode ser representada por Ms = Ma - iMr.

Precisaremos das seguintes equações:

C_G (T) = $C_G$max + (Cε - $C_G$max) e ˆ- T/τ, $C_G$max = 3 x 10ˆ21 m/s para T_G > 10ˆ13 K.

T_G (kelvin) = {(ħ x C_Gˆ3) / (8 x π x K_{BG} x G x M)}, Temperatura Hawking de um buraco negro.

Rs = (2 x G x M) / C_Gˆ2, Raio de Schwarzschild

IMsI = K IMaI

IEsI = K x IEaI

K_{BG} = 1,78 10^-43 J/k

Ao contrário de um buraco negro estelar que nasce com a massa equivalente a três massas solares do colapso de uma estrela, neste caso a ser desenvolvido vamos considerar

um buraco negro que nasce em um acelerador de partículas do LHC com massa crítica igual a: $m_c = 2{,}37\ 10^{-16}$ kg, para $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, e uma temperatura de $T = 10^{13}$ K.

Agora, vamos calcular a massa e o raio de Schwarzschild, para os quais o buraco negro explode.

Item	T	CG	C	IMal	IMrl	IMsl	IEal	IErl	IEsl	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabela 1

Para $T = 5\ 10^{26}$ K, $C_G = 3\ 10^{21}$ m/s

Usando a equação de radiação de Hawking, vamos calcular a massa do buraco negro antes de explodir.

$M = \{(\hbar \times C_G^3) / (8 \times \pi \times K_{BG} \times G \times T)\}$

$M = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{63} / 8 \times 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 5\ 10^{26}$

$M = 1{,}2\ 10^{56}$ kg

$M_a = 1{,}2\ 10^{56}$ kg.

$M_r = 1{,}2\ 10^{82}$ kg

Vamos calcular o raio de Schwarzschild Rs.

$R_s = (2 \times G \times M) / C_G^2$, Raio de Schwarzschild

$R_s = 1{,}59\ 10^{30}$ m

Chegamos a esse ponto e encontramos algo que não está em conformidade.

Nesse ponto, vamos tentar explicar a diferença entre um buraco negro criado em um acelerador de partículas e um criado pelo colapso de uma estrela. Pelo que entendi, o ponto principal está centrado na temperatura, justamente isso definiria a estrutura do espaço-tempo e o valor que a constante de Boltzmann assumiria.

Uma vez definida a quantização do espaço-tempo, o que determinaria o valor da

constante de Boltzmann, ou seja, K_B = 1,78 10^-43 J/K, para uma temperatura t = 10^13 K e mc = 2,37 10^-16 kg, a criação de um buraco negro é inevitável.

Portanto, podemos considerar K_B = 1,78 10^-43 J/K, T = 10^13 K e mc = 2,37 10^-16 kg como valores críticos para formar um buraco negro.

Naturalmente, quando uma estrela colapsa para formar um buraco negro, é necessária uma imensa quantidade de matéria para atingir os valores críticos K_B = 1,78 10^-43 J/K, T = 10^13 K e M = 6 10^30 kg, para formar o plasma quark-glúon, ou seja, o buraco negro.

Em um acelerador de partículas como o LHC, a imensa quantidade de matéria não é necessária como no caso da formação de buracos negros estelares; em um acelerador de partículas o plasma quark-glúon atinge os valores críticos de K_B = 1,78 10^-43 J/K, T = 10^13 K e mc = 2,37 10^-16 kg, com muito menos matéria, para formar um buraco negro.

Agora a questão é: onde está a diferença entre o buraco negro estelar e o buraco negro formado no acelerador de partículas? A diferença estaria na quantidade de matéria, na escala.

Vamos calcular a diferença de escala entre o buraco negro estelar e o micro buraco negro criado no acelerador de partículas:

DBH = MBHE / MLHC = 6 10^30 / 2,37 10^-16 = 2,53 10^46

- DBH = 2,53 10^46

DBH, diferença de escala entre o buraco negro estelar e o buraco negro criado no acelerador de partículas.

MBHE, massa do buraco negro estelar.

MLHC, massa do buraco negro criado no LHC.

Considerando o DBH, vamos calcular a massa Ms = Ma - iMr, para a qual o buraco negro criado no LHC explodiria produzindo um pequeno Big Bang (buraco branco).

Ma = 1,2 10^56 / 2,53 10^46

- Ma = 0,47 10^10 kg

Mr = 1,2 10^82 / 2,53 10^46

- Mr = 0,47 10^36 kg

Ms = Ma – iMr

- Ms = (0,47 10^10 – i 0,47 10^36) kg

Vamos calcular o raio de Schwarzschild Rs.

Rs = (2 x G x M) / CG^2

Rs = 2 x 6,67 10^-11 x 0,47 10^10 / 9 10^16 = 6,26 10^-1 / 9 10^16

Rs = 0,695 10^-17 = 6,95^-18 m

Este buraco negro teria a massa de 1.000.000 sóis e seria menor que um próton.

Nesta seção, consideramos a constante de Boltzmann fixada no valor K_B = 1,78 10^-43 J/K e variamos a temperatura e a massa até explodirmos o BH produzindo um Big Bang (buraco branco) que corresponderia à expansão do espaço-tempo.

B) Vamos considerar K_B variável.

A massa limite para formar um buraco negro estelar é 3Θ = 6 10^30 kg.

Vamos considerar as seguintes temperaturas:

T = 10^18 K, T = 10^21 K, T = 10^24 K e T = 5 10^26 K

Para cada temperatura, vamos calcular a constante de Boltzmann correspondente e sua respectiva massa crítica:

i) T = 10^18 K

K_B = h x c^3/ (8 x π x T x G x M)

K_B = 6,62 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^18 x 6,67 10^-11 x 6 10^30

K_B = 178,74 10^-10 / 1005,30 10^37

K_B = 0,17 10^-47 J/K

mc = (K_B x Tε x Rs) / G x M1

mc = 0,17 10^-47 x 10^18 x 8,89 10^3 / 6,67 10^-11 x 1 = 1,58 10^-26 / 6,67 10^-11

mc = 0,23 10^-15 kg

mc = 2,3 10^-16 kg

ii) T = 10^21 K

K_B = h x c^3/ (8 x π x T x G x M)

K_B = 6,62 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^21 x 6,67 10^-11 x 6 10^30

K_B = 178,74 10^-10 / 1005,30 10^40

K_B = 0,17 10^-50 J/K

mc = (K_B x Tε x Rs) / G x M1

mc = 0,17 10^-50 x 10^21 x 8,89 10^3 / 6,67 10^-11 x 1 = 1,58 10^-26 / 6,67 10^-11

mc = 0,23 10^-15 kg

mc = 2,3 10^-16 kg

iii) T = 10^24 K

K_B = h x c^3/ (8 x π x T x G x M)

K_B = 6,62 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^24 x 6,67 10^-11 x 6 10^30

K_B = 178,74 10^-10 / 1005,30 10^43

$K_B = 0{,}17\ 10^{-53}$ J/K

$mc = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$mc = 0{,}17\ 10^{-53} \times 10^{24} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$mc = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

iv) $T = 5\ 10^{26}$ K

$K_B = h \times c^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M)$

$K_B = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 5\ 10^{26} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30}$

$K_B = 178{,}74\ 10^{-10} / 5026{,}50\ 10^{45}$

$K_B = 0{,}0355\ 10^{-55}$ J/K

$K_B = 3{,}55\ 10^{-57}$ J/K

$mc = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$mc = 0{,}0355\ 10^{-55} \times 5\ 10^{26} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$mc = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

Se a massa de um buraco negro estelar é 3ϴ e variamos a temperatura de 10^{13} K a $5\ 10^{26}$ K, verificamos que a massa crítica para formar um buraco negro é igual a $mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg.

- $mc = 13{,}33\ 10^{10}$ GeV/c^2
- $mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- Faixa de temperatura: 10^{13} K hasta $5\ 10^{26}$ K
- Faixa da constante de Boltzmann: $1{,}78\ 10^{-43}$ J/K hasta $3{,}55\ 10^{-57}$ J/K

Agora vamos considerar a seguinte equação:

$C_G (T) = C_{Gmax} + (C\varepsilon - C_{Gmax})\ e^{-T/\tau}$, $C_{Gmax} = 3 \times 10^{21}$ m/s para $T_G > 10^{13}$ K.

T_G (kelvin) $= \{(\hbar \times C_G^3) / (8 \times \pi \times K_{BG} \times G \times M)\}$, temperatura de Hawking de um buraco negro.

$Rs = (2 \times G \times M) / C_G^2$, Raio de Schwarzschild

$|Ms| = K\ |Ma|$

$|Es| = K \times |Ea|$

$K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Essas equações nos permitem gerar a Tabela 1, que representa a evolução ou

crescimento do buraco negro estelar, desde o momento em que nasce até que explode e produz o Big Bang. Todos os cálculos são realizados considerando a constante de Boltzmann K_B = 1,78 10^-43 J/K.

A questão é a seguinte: o que acontece com os buracos negros formados em um acelerador de partículas com uma constante de Boltzmann diferente de K_B = 1,78 10^-43 J/K?

Vamos realizar o seguinte raciocínio para entender o que poderia realmente acontecer nessa situação que levantamos.

Vamos considerar um sistema com plasma de quarks e glúons; a massa do plasma não atinge a massa crítica, ou seja, mp < mc. Nesse plasma, começamos a aumentar a temperatura até atingir T = 10^21 K. De acordo com a Figura 1, conforme aumentamos a temperatura, a densidade de energia também aumenta (a densidade do plasma aumenta em kg/m^3), podemos também dizer que a constante de Boltzmann varia e atinge o valor de K_B = 0,17 10^-50 J/K.

Nesse ponto, onde T = 10^21 K, K_B = 0,17 10^-50 J/K e mp < mc fazemos o seguinte: injetamos massa no sistema para atingir ou exceder a massa crítica para formar um buraco negro. Duas coisas podem acontecer com esse buraco negro recém-formado:

1) O buraco negro formado nasce com a constante de Boltzmann K_B = 0,17 10^-50 J/K, uma temperatura T = 10^21 K e uma massa igual a mc = 2,3 10^-16 kg.

A velocidade dos quarks e glúons é igual a c = 3 10^8 m/s

2) Quando o buraco negro se forma, pode acontecer o seguinte:

- A constante de Boltzmann assume o valor K_B = 1,78 10^-43 J/K.
- A temperatura T = 10^21 K.
- A massa m > mc = 2,3 10^-16 kg.
- A velocidade dos quarks e glúons aumenta, ultrapassando a velocidade da luz e equivalente à temperatura de acordo com a equação:

  C_G (T) = $C_G$max + (Cε - $C_G$max) e ^- T/τ, $C_G$max = 3 x 10^21 m / s para T_G > 10^13 K (kelvin).

Conclusão:

Embora tenhamos determinado que a constante de Boltzmann do plasma quark -glúon pode variar na faixa de 1,78 10^-43 J/K a 3,55 10^-57 J/K, conforme variamos a temperatura de 10^13 K a 5 10^26 K; também demonstramos que para a criação de um buraco negro estelar e um buraco negro criado no LHC, a constante de Boltzmann é K_B = 1,78 10^-43 J/K para uma temperatura de 10^13 K.

Considerando a afirmação e tendo em conta a hipótese afirmada no artigo escrito

Dos buracos negros ao Big Bang que diz:

Hipótese: quando um buraco negro é formado, apenas os campos de força forte e gravitacional atuam, campos de força eletromagnética e campos de força fracos desaparecem.

Segundo meu ponto de vista, todos os buracos negros que se formam no LHC terão uma constante de Boltzmann única igual a K_B = 1,78 10^-43 J/K, o que nos indica que chegamos ao limite de curvatura do espaço-tempo, se continuarmos a aumentar a temperatura, aumentando a energia; ultrapassando este limite, geraremos massa negativa (energia negativa), o que implicaria que a velocidade dos quarks e glúons excederá a velocidade da luz, nesse momento começamos a comprimir o espaço-tempo, e podemos dizer que $Lp_G < Lp_\varepsilon$. Temos que lembrar que Lp_ε é o cumprimento de Planck eletromagnético e Lp_G é o cumprimento de Planck gravitacional.

Fazendo uma analogia, em presença das quatros forças fundamentais sabemos que nunca poderemos atingir a velocidade da luz, podemos aumentar a energia o máximo que pudermos em um acelerador de partículas mas resta sempre atingir o valor da velocidade da luz; analogamente quando atingirmos o valor da constante de Boltzmann K_B = 1,78 10^-43 J/K, vamos aumentar a energia no LHC tanto quanto pudermos e vamos acabar formando um buraco negro antes de poder variar significativamente a constante de Boltzmann. Para cada buraco negro, a constante de Boltzmann é única e fixa, e leva o valor de K_B = 1,78 10^-43 J/K.

Em outras palavras, no teste realizado anteriormente, a opção 2 será a certa.

- A constante de Boltzmann assume o valor K_B = 1,78 10^-43 J/K.
- A temperatura T = 10^21 K.
- A massa m > mc = 2,3 10^-16 kg
- A velocidade dos quarks e glúons aumenta, ultrapassando a velocidade da luz e equivalente à temperatura de acordo com a equação:

  C_G (T) = $C_G$max + (C_ε - $C_G$max) e ^- T/τ; $C_G$max = 3 x 10^21 m/s para T_G > 10^13 K (kelvin).

Finalmente, quando cada buraco negro produzido no LHC atingir uma temperatura de 5 10^26 K, ele explodirá produzindo um mini Big Bang (buraco branco), ou seja, uma expansão do espaço-tempo a uma velocidade C_G = 10^21 m/s com uma energia mínima de 10^6 MΘ (massas solares).

Se conseguirmos dominar a tecnologia dos buracos negros produzidos em um acelerador de partículas, podemos viajar a uma velocidade maior que a da luz, aproveitando

a expansão do espaço-tempo criando uma máquina *Warp Drive* indicada por Miguel Alcubierre que funcionaria com a massa negativa do buraco negro.

APÊNDICE 8

MATÉRIA ESCURA E A CONTRIBUIÇÃO DO MCAC

Neste artigo, vamos calcular o efeito resultante da massa imaginária dentro de um buraco negro.

No artigo "*DOS BURACOS NEGROS AO BIG BANG REV 9.2*" dissemos que a massa de um buraco negro é composta por uma massa real e uma massa imaginária e podemos escrever da seguinte forma:

MBH = Ma – iMr

Ma = massa real de um buraco negro.

Mr = massa imaginária de um buraco negro.

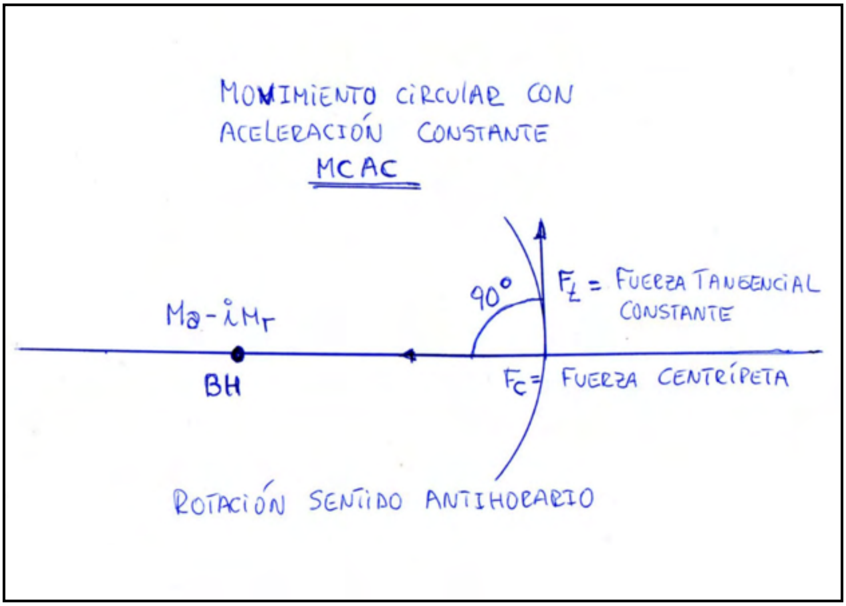


Figura 1

Se olharmos para a Figura 1, vemos que a força tangencial Ft está 90 graus atrás da força centrípeta Fc. Em engenharia elétrica, quando analisamos a resistência R e a capacitância -iXc, vemos que o fasor -iXc está atrasado em relação ao fasor R em 90 graus.

Vamos lembrar que o diagrama elétrico de um buraco negro é equivalente a uma resistência r e uma capacitância -iXc.

Da mesma forma, a força Ft corresponderia à massa imaginária -iMr e a força Fc corresponderia à massa real Ma.

Levando em conta essas considerações, vamos analisar o efeito da força Ft sobre

o movimento de uma estrela ao redor de um buraco negro BH e, finalmente, vamos somar este efeito à soma das contribuições do bojo e do disco galáctico.

MOVIMIENTO CIRCULAR CON ACELERACIÓN ANGULAR CONSTANTE (MCUV)

En el estudio del movimiento rectilíneo encontramos que la forma más simple de movimiento acelerado que es posible analizar es el movimiento bajo aceleración lineal constante. De igual modo, para el movimiento circular, el movimiento acelerado más simple que es posible analizar es el que ocurre bajo aceleración angular constante.

Desarrollaremos a continuación, relaciones cinemáticas para el **movimiento circular bajo aceleración angular constante.**

Si α es constante y distinta de cero, se trata de un **Movimiento Circular Uniformemente Variado.**

$$\alpha = k \wedge \alpha \neq 0 \Leftrightarrow MCUV$$

Si la aceleración angular es constante, su valor coincide con el de la aceleración angular media; por lo tanto podemos escribir:

$$\alpha = \alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_o}{t - t_o}$$

Despejando ω; resulta:

$$\boxed{\omega = \omega_o + \alpha\,(t - t_o)}$$

esta fórmula permite calcular la velocidad angular en función del tiempo.

La velocidad angular media se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_o}{t - t_0}$$

Trabajando algebraicamente en forma adecuada la expresión anterior se puede escribir:

$$\omega_m = \frac{\omega_o + \omega}{2}$$

Igualando las dos expresiones anteriores y sustituyendo ω por $\omega_0 + \alpha(t - t_0)$, obtenemos:

$$\boxed{\theta = \theta_o + \omega_o(t - t_o) + \frac{1}{2}\alpha\,(t - t_o)^2}$$

Si en la fórmula anterior reemplazamos *(t–to)* por $\frac{\omega - \omega_0}{a}$ y trabajamos algebraicamente, obtenemos:

$$\boxed{\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\,(\theta - \theta_o)}$$

Esta expresión permite calcular la velocidad angular en función de la posición angular o del desplazamiento angular.

Si aceptamos como condición inicial del movimiento que $t_o = 0$, todas las ecuaciones recién vistas adoptan una forma más simplificada:

$$\boxed{\begin{aligned} &\omega = \omega_o + \alpha t \\ &\Delta\theta = \omega_o t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ &\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\Delta\theta \end{aligned}}$$

Observe que estas expresiones para el movimiento circular con aceleración angular constante son de la misma forma que las correspondientes al movimiento lineal con aceleración constante con las siguientes sustituciones:

x - - - - - - - - -> θ

v - - - - - - - - -> ω

a - - - - - - - - -> α

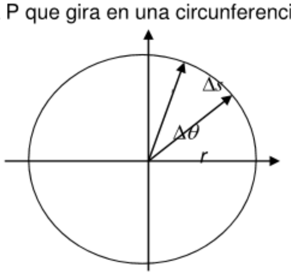
Si α **es constante e igual a cero** el movimiento recibe el nombre de **Movimiento Circular Uniforme**; las ecuaciones del movimiento circular uniformemente variado, con $\alpha = 0$, adoptan la forma:

$$\boxed{\begin{aligned} &\omega = \omega_o = constante \\ &\Delta\theta = \omega t \end{aligned}} \qquad \Leftrightarrow \qquad \textit{MCU}$$

RELACIONES ENTRE MAGNITUDES ANGULARES Y LINEALES

En esta sección deduciremos algunas relaciones útiles entre las variables angulares y las variables lineales que describen el movimiento circular de una partícula.

Consideremos una partícula P que gira en una circunferencia de radio r



En un tiempo t recorre el arco Δs, el ángulo central correspondiente a dicho arco es el desplazamiento angular $\Delta\theta$ que expresado en radianes es

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{r}$$

Esta expresión nos permite establecer relación entre la longitud del arco y el desplazamiento angular

$$\boxed{\Delta s = r\Delta\theta}$$

De las definiciones de v y de ω resulta:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} = r \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = r\omega$$

Esta expresión nos permite establecer relación entre la velocidad lineal y la velocidad angular

$$\boxed{v = r\omega}$$

Igualmente resulta:

$$\boxed{a_t = r\alpha}$$

Concluimos que $\Delta s, v, a_t$ (variables lineales) se vinculan con $\Delta\theta, \omega, \alpha$ (variables angulares) a través de las expresiones sencillas siguientes:

$$\Delta s = r\Delta\theta$$
$$v = r\omega$$
$$a_t = r\alpha$$

En todos los casos las variables angulares se expresan en radianes.

Considerando la relación $v = r\omega$, la expresión para la aceleración centrípeta adopta la forma:

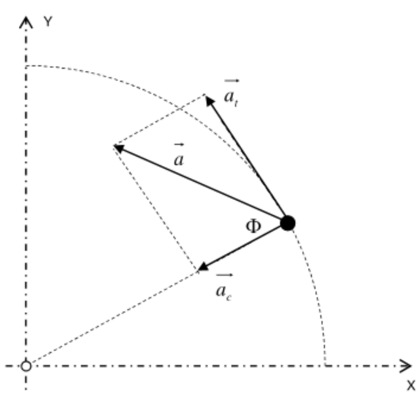
$$\boxed{a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2}$$

Considerando la relación $v = r\omega$, la expresión para la aceleración centrípeta adopta la forma:

$$\boxed{a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2}$$

Recordando que $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$, resulta:

$$\boxed{a = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4} \qquad ; \qquad \operatorname{tg}\phi = \frac{\alpha}{\omega^2}}$$



Se olharmos para a Figura 1, vamos assumir que a força Ft é constante, isso porque a variação na massa do buraco negro não é significativa, portanto, consideramos a força Ft constante. Essa suposição transforma a análise em um movimento circular com aceleração angular MCAC constante.

Tendo analisado o MCAC, encontramos a relação mais importante para nossos cálculos da estrela orbitando um buraco negro.

$$\boxed{v = r\omega}$$

Essa relação nos diz que a velocidade tangencial é proporcional ao raio multiplicado pela velocidade angular média.

Por fim, vamos descrever a contribuição de todas as forças que intervêm para determinar a velocidade de rotação de uma galáxia.

Lembre-se que a massa de um buraco negro é Ms = Ma - iMr

Devemos esclarecer que forças e velocidades são magnitudes vetoriais:

FB + FD + FMr = (Ma /R) x (VB^2 + VD^2) + Mr dv/dt

FB + FD + FMr = (Ma/R) x (VB^2 + VD^2) + Mr x R x (dω/dt), equação geral.

FB + FD + FMr = (Ma/R) x (VB^2 + VD^2) + K x Mr x R, k uma constante em um determinado intervalo.

FB = força do bojo ou núcleo galáctico.

FD = força do disco galáctico.

FMr = Força da massa imaginária dentro de um buraco negro.

R = raio da galáxia de Andrômeda.

i) ANÁLISE TEÓRICA PARA CALCULAR A MATÉRIA ESCURA NO CURSO DE COSMOLOGIA 1Valor dos parâmetros usados em Python.

```
# Conjunto possível de valores
Vb = vb( r, 0.1, 0.6e10 )
Vd = vd( r, 8.0, 4.0e11 )
Vh = vh( r, 200.0, 250    )
```

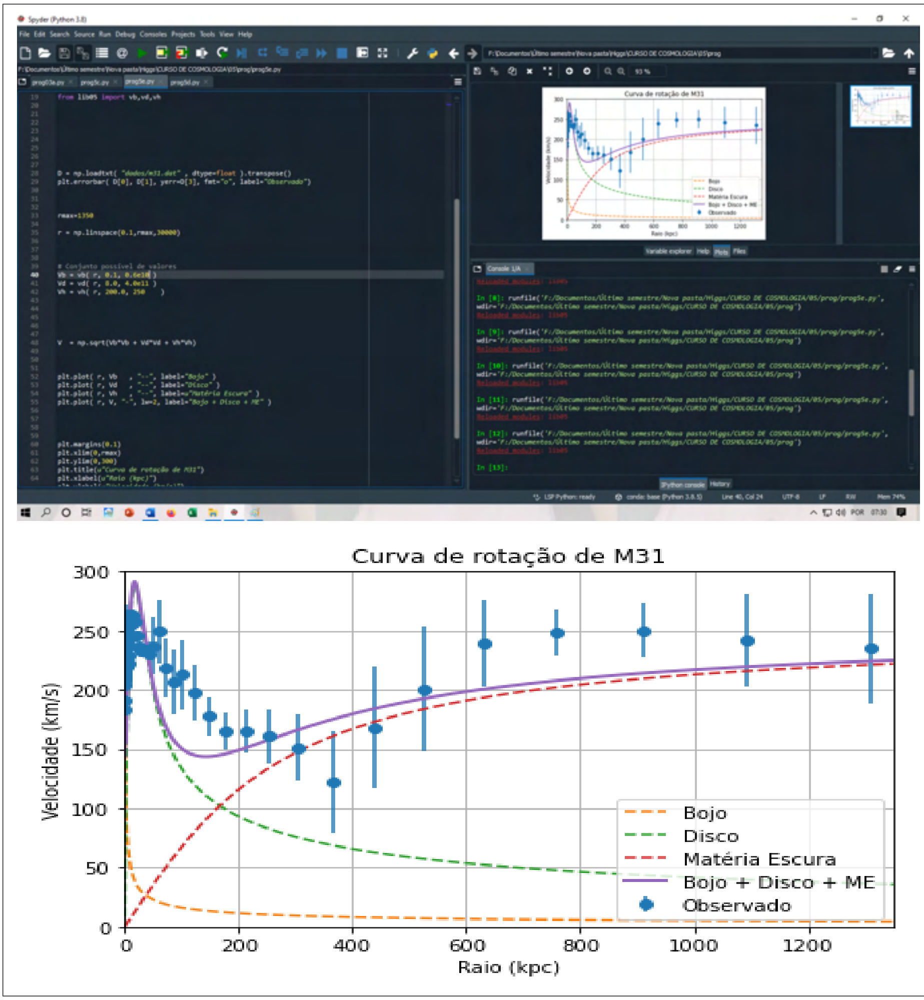


Figura 2

ii) ANÁLISE TEÓRICA CONSIDERANDO QUE O BURACO NEGRO É COMPOSTO PELA MASSA Ms = Ma - iMr, QUE É DIZER QUE EXISTE UMA FORÇA TANGENCIAL Ft E PODEMOS CONSIDERAR UM MCAC E QUE A RELAÇÃO, V = Rω, SE CUMPRE.

Valor dos parâmetros usados em Python.

```
# Valores possíveis
Vb = vb( r, 0.1, 0.6e10 )
Vd = vd( r, 8.0, 4.0e11 )
```

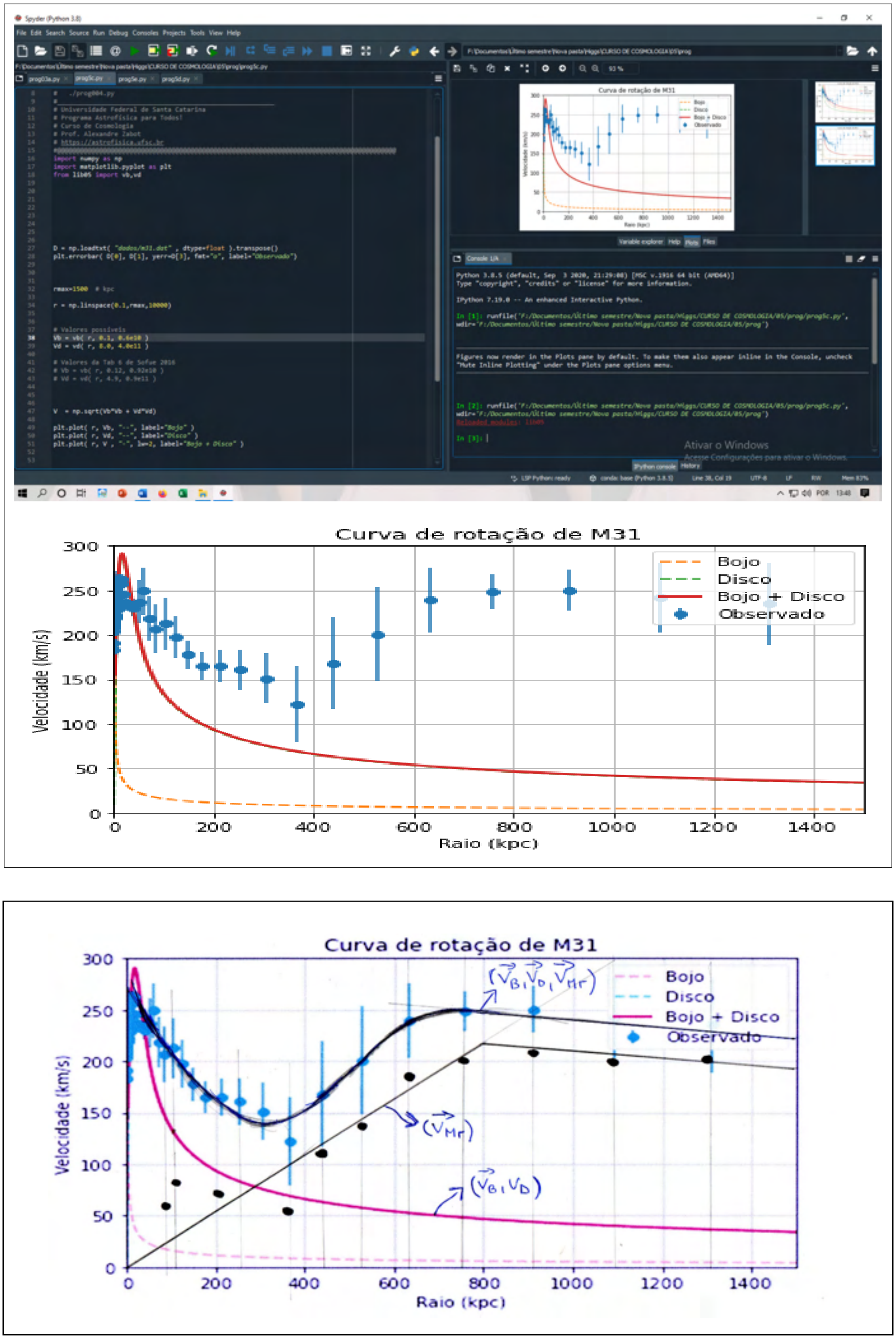

Curva de rotação de M31
Velocidade (km/s)
Raio (kpc)
Bojo
Disco
Bojo + Disco
Observado
0
50
100
150
200
250
300
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Curva de rotação de M31
Velocidade (km/s)
Raio (kpc)
Bojo
Disco
Bojo + Disco
Observado

Figura 3

Comentários:

Vejamos a Figura 2 e a Figura 3, ambas são o resultado de dois métodos diferentes, que tentam explicar a matéria escura. As aproximações de ambos os métodos são boas.

- Se olharmos para a Figura 3, considerando a relação v = rω, vemos que a frequência angular média ω permanece constante até aproximadamente 700 Kpc, a partir desse valor devido ao efeito da força Ft que começa a diminuir, a velocidade angular média ω também começa a diminuir.

Se calcularmos a velocidade angular média, o resultado aproximado é:

ω = 9,18 10^-18 rad/s, para 600 Kpc e 170 km/s.

ω = 8,9 10^-18 rad/s, para 200 Kpc e 55 km/s

Os valores de ω foram calculados a partir da Figura 3 a olho nu, e serve para se ter uma ideia aproximada de quanto seria o valor da velocidade angular média na pendente da reta.

Se nos lembrarmos da seguinte fórmula:

2 x π x f = ω

T = (2 x π) /ω; T é o período de rotação da galáxia.

Se calcularmos o período de rotação das galáxias T, para os valores de ω = 9,18 10^-18 rad/s e ω = 8,9 10^-18 rad/s, o valor calculado é da ordem de T = 1.000 milhões de anos e esse valor coincide com os calculados por cientistas de acordo com o seguinte arquivo da internet. https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/descubren-que-todas-las-galaxias-del-universo-giran-como-un-reloj-561521191323

- Outra observação importante, a inclinação da contribuição da força tangencial Ft, dependerá da quantidade de matéria Mr dentro do buraco negro, à medida que a massa Mr aumenta, a força Ft aumentará e por sua vez aumentará o valor da inclinação da pendente.
- Observa-se também que até 400 Kpc a contribuição do bojo e do disco é mais importante; a partir de 400 Kpc a contribuição da massa imaginária Mr torna-se dominante.
- A massa do buraco negro supermassivo no centro de Andrômeda é maior que a massa do disco em cerca de 6 vezes, a massa real Ma produz uma força central direcionada para o centro do buraco negro e a massa imaginária -iMr produz uma força tangencial que gira o buraco negro no sentido anti-horário; o giro será arbitrário e dependerá de onde for observado.
- Em buracos negros estelares, a diferença entre a massa real Ma e a massa imaginária Mr é muito pequena, na verdade, a única vez que a massa imaginária Mr = 0 é quando o buraco negro estelar 3MΘ é formado.

Em buracos negros supermassivos, a diferença de massa é muito grande, a massa

real Ma torna-se da ordem ou insignificante em comparação com a massa imaginária Mr.

Exemplo:

No artigo *Dos Buracos Negros ao Big Bang Rev 9.2*, calculamos os seguintes valores para a Via Láctea:

Ma = 4,5 10ˆ6 MΘ = 8,1 x 10ˆ36 kg; massa real ou massa ordinária dentro do BH.

Mr = 9,54 10^41 kg; massa imaginária dentro do BH.

MD = 1,7 10^41 kg; massa do disco galáctico.

Observa-se que a massa imaginária Mr é aproximadamente 5,6 vezes maior que a massa do disco MD. Isso não pode ser visto na Figura 4, mas se conseguirmos estender o raio para valores de 500 Kpc, com certeza a diferença será percebida com mais clareza.

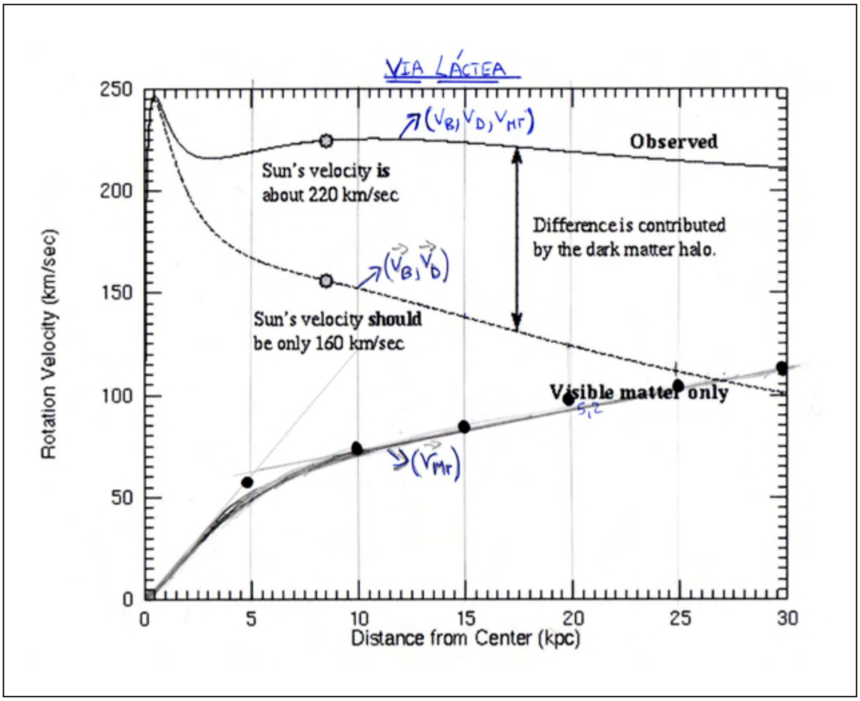


Figura 4 – Cálculo da matéria imaginária Mr na Via Láctea.

Quando olhamos a Figura 4 vemos que a inclinação da linha não nasce na origem, é possivelmente devido à proximidade do buraco negro; agora se considerarmos uma distância de 500 Kpc é muito provável que atingiremos, que a inclinação começa na origem, cumprindo a relação v = rω como ocorre na Figura 3. Na Figura 3 também vemos as discrepâncias dos dados em torno da origem das coordenadas próximas ao buraco negro.

- A quantidade de matéria escura Mr vai depender do tempo, é de se esperar que

a mesma galáxia 10 bilhões de anos atrás irá girar mais lentamente porque a quantidade de matéria escura Mr seria menor. Isso é abordado nos artigos a seguir na Internet.

https://astrobitos.org/2017/05/18/rotando-sin-materia-oscura-curvas-de-rotacion-del-pasado-distante/

https://www.eso.org/public/brazil/videos/eso1709c/

- É importante esclarecer o seguinte: quando medimos ou calculamos a massa de um buraco negro supermassivo, usando as equações da relatividade geral, nossos cálculos nos dão a massa Ma e não a massa total do buraco negro Ms. Isso ocorre porque apenas a contribuição da força FG para o centro do buraco negro é levada em consideração e não leva em consideração a força tangencial da massa imaginária Mr. Para calcular a massa total do buraco negro supermassivo Ms = Ma - iMr, é necessário referir-se ao método usado no artigo "*DOS BURACOS NEGROS AO BIG BANG REV 9.2*".

BURACO NEGRO SÔNICO, MATÉRIA ESCURA Mr E O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Vamos nos referir a uma parte do artigo do cientista israelense Jeff Steinhauer intitulado: ***Spontaneous Hawking radiation and beyond: Observing the time evolution of an analogue black hole.***

An analogue black hole in a Bose-Einstein condensate has regions of subsonic (v < c) and supersonic (v > c) flows separated by the horizon (v = c), as illustrated in Fig. 5. The subsonic region supports escaping Hawking radiation, as seen in the dispersion relation of Fig. 5a, and is thus the outside of the analogue black hole. The supersonic region traps the partner modes seen in Fig. 5b, and is therefore the inside of the analogue black hole.

Spontaneous Hawking radiation occurs in the absence of incoming particles impinging on the horizon. According to Hawking's calculation, the horizon of a black hole should spontaneously emit pairs of particles as illustrated in Fig. 5c. The Hawking particle HR exits the black hole with frequency ω and energy ħω. The partner particle P falls into the black hole with the same frequency but negative energy. Figs. 1a and 1b show the dispersion relation outside and inside the analogue black hole. The Hawking and partner modes are indicated by circles. According to the group velocity ∂ω⁄∂k, they are both outgoing from the horizon. The population of the modes is given by the thermal distribution 1⁄(eħω⁄kBTH – 1), where the Hawking temperature is given by the surface gravity. In the analogue case,

kBTH = 2ħπ (dxdv + dc dx) lhorizon (1)

We see that the flow velocity v(x) and the speed of sound c(x) play the role of the metric, and their derivatives at the horizon are the analogue of the surface gravity.

Unless otherwise specified, x is given in units of the healing length ξ = ħ/mc where m is the atomic mass and c is the geometric average of the speeds of sound outside and inside the analogue black hole. Eq. 1 implies that the spatial width of the horizon region sets a length scale for the wavelength of the Hawking radiation. This wavelength gives the predicted Hawking temperature. A similar situation should apply to a real non-extremal black hole. The diameter of the black hole sets the length scale for the horizon region and thus determines the predicted wavelength of the Hawking radiation.

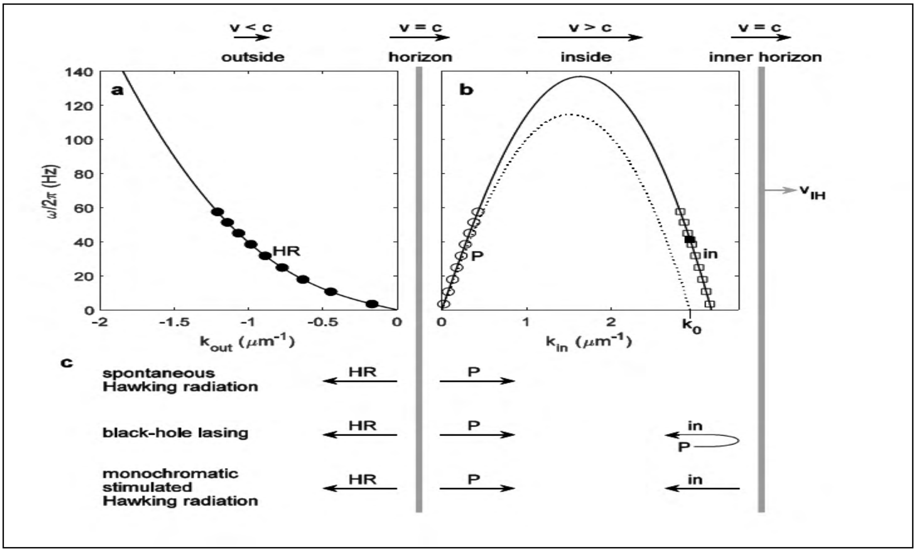


Figura 5C

Fig. 5C. Spontaneous versus stimulated Hawking radiation. a. The dispersion relation outside the analogue black hole. The values for a time of 312 ms are shown. Various outgoing Hawking modes are schematically indicated by circles. b. The dispersion relation inside the analogue black hole. The outgoing partner modes of the Hawking radiation are indicated by circles. The modes incoming to the horizon are indicated by squares. The dotted curve indicates the dispersion relation in the reference frame of the inner horizon. It has a zero-frequency mode at k0. c. The various phenomena. For spontaneous Hawking radiation, there are no incoming modes from either side of the horizon. In black-hole lasing, The partners "P" are reflected from the inner horizon and become incoming modes "in". In monochromatic stimulation, incoming modes are produced at the inner horizon with a well-defined energy.

Se fizermos uma analogia entre um buraco negro real e um buraco negro sônico, consideraremos que um buraco negro real se comporta de forma análoga a um buraco negro sônico que produz Radiação Hawking Espontânea. De acordo com os cálculos de

Hawking, o horizonte de eventos de um buraco negro deve emitir pares de partículas, conforme mostrado na Figura 5c. A partícula HR deve se afastar do horizonte de eventos com uma frequência ω e uma energia hω; a partícula P cairia dentro do buraco negro com a mesma frequência ω, mas com energia negativa -hω.

Agora vamos analisar as consequências do enunciado apresentado:

- *Em nosso modelo RLC do universo, dissemos que a massa de um buraco negro é dada pela seguinte equação, Ms = Ma - iMr; ou seja, existe um componente de massa real e um componente de massa negativa imaginária, com isso também podemos afirmar que um buraco negro é feito de uma componente de energia real e uma componente de energia imaginária negativa.*

  i) *Na primeira opção que vamos a analizar, a particula HR (materia), com uma frecuencia ω e uma energía hω cae no buraco negro e se suma a Ma e Mr incrementando a massa do buraco negro, es decir adiciona massa. Isto significa que o buraco negro crece permanentemente, siempre crece. A particula P(antimateria), com frequência ω e energía -hω, se afasta do buraco negro en forma de onda gravitacional.*

  ii) *A segunda opção não é vãlida. A partícula HR deve se afastar do horizonte de eventos com uma frequência ω e uma energia hω; a partícula P cairia dentro do buraco negro com a mesma frequência ω, más com energia negativa -hω.*

Se considerarmos o paradoxo da informação, a única solução válida seria dada pela opção i), em que a matéria que entra no buraco negro teria que ser adicionada, isso implicaria que o buraco negro através desse processo estaria sempre crescendo até chegar a um ponto que explode e produz um Big Bang; assim, ele resolveria o paradoxo da informação.

- *Cálculo da frequência ω, f produzida pela radiação de Hawking usando o fator de escala da constante de Boltzmann.*

*Buraco negro SagitárioA**

M = 9,54 10^41 kg, ver artigo: Dos Buracos negros ao Big Bang Rev 9.2*

Rs = 6 10^9 m*

La emisión de una onda de frecuencia ν está asociada con fenómenos con una energía típica

$$E = h\nu$$

donde $h \approx 10^{-15}$ eV s es la *constante de Planck.* Asociada con esta energía hay una temperatura

$$k_B T = h\nu$$

Donde $k_B \approx 10^{-4}$ eV K^{-1} es la constante de Boltzmann

Vamos calcular a frequência característica de Sagitário A*.

$E_G = K_{BG}$ x T_G = 1,78 10^-43 x 3 10^14 = 5,34 10^-29 J

E_G = 5,34 10^-29 J, energia do grávitón.

E_G = 3,33 10^-10 eV

E_G = h x f_G; f_G = E_G / h = 5,34 10^-29 / 6,62 10^-34 = 0,80 10^5 = 8,0 10^4 Hz

- f_G = 80.000 Hz; frequência característica estacionária.
- λ_G = 1,28 10^6 m; comprimento de onda característico.

APÊNDICE 9

DESCOBRINDO O INTERIOR DOS BURACOS NEGROS

A) PLASMA DE QUARKS E GLÚONS – CONFINAMENTO

O plasma quark-glúon é criado em colisões de partículas RHIC ou LHC, colidindo partículas de ouro ou chumbo em velocidades relativísticas com energias da ordem de Tera elétrons-volts. O plasma quark-glúon é um líquido perfeito e sua temperatura é da ordem de 10^12 kelvin.

A temperatura gerada nessas colisões é tão alta que os quarks e glúons que estavam confinados dentro dos prótons e nêutrons nos núcleos atômicos se separam e, por um curto período de tempo, se movem livremente.

Os quarks e glúons têm uma propriedade chamada confinamento e, em condições normais de temperatura, eles formam prótons e nêutrons (bárions). Isso significa que se considerarmos a cor dos quarks (vermelho, verde ou azul), eles sempre devem formar estados de cor branca e não podem escapar da bola do nêutron ou próton, ou seja, estão confinados.

Os estados brancos também podem ser formados com um quark e um antiquark, chamados de mésons.

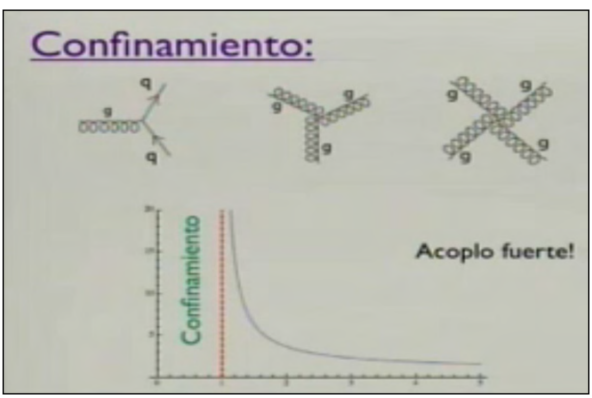


Figura 1

O confinamento nos diz que a força de interação experimentada pelos quarks é uma função da energia. Se olharmos para a Figura 1, vemos que em energia muito alta a interação entre quarks e glúons é muito fraca, acoplamento fraco. Agora, se olharmos para a Figura 1 novamente, em baixa energia a interação é forte, quarks não podem escapar do confinamento porque a interação de quarks e glúons é forte, forte acoplamento.

ANÁLISE DE UM QUARK ISOLADO

Vamos analisar o que acontece se soltarmos um quark no vácuo quântico. Sabemos que os glúons têm cargas, são dipolos coloridos carregados, são os portadores da força forte.

Agora, se jogarmos um quark e um glúon no vácuo quântico, observamos que o glúon é orientado com a mesma carga de cor na direção dos quarks, isso é chamado de antiapantallamiento, como mostrado na Figura 2, e isso faz com que a força do quark aumente.

Este é um fenômeno semelhante ao paramagnetismo, razão pela qual o vácuo quântico da teoria da cor é considerado um vácuo paramagnético, como mostrado na Figura 3.



Figura 2

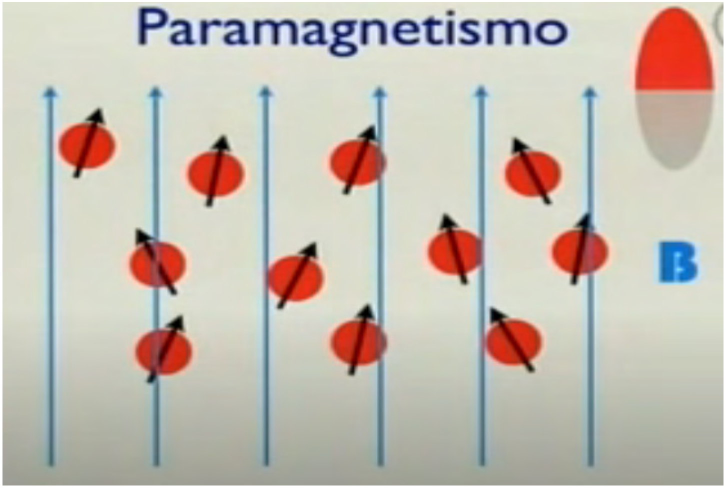


Figura 3

Então, quando jogamos um quark no vácuo, os glúons começam a se acumular, formando uma cascata infinita com energia infinita. Um quark isolado tem energia infinita, conforme mostrado na Figura 4.

Essa seria a explicação do porquê na natureza os quarks não são encontrados em um estado isolado.



Figura 4 – Quark isolado com energia infinita.

Vamos representar a intensidade da força de quarks livres em função da distância.

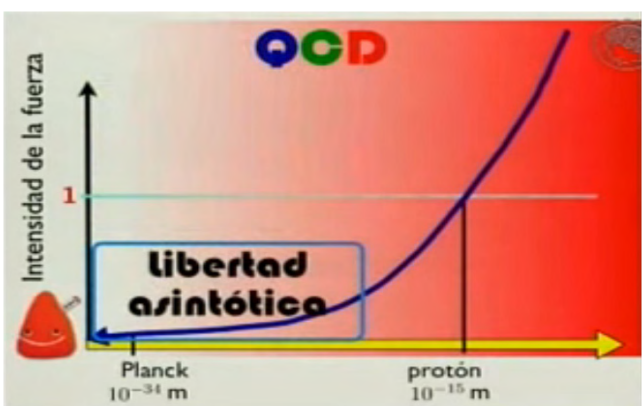


Figura 5

Quando os bárions que constituem a matéria que conhecemos, atingem um limite de temperatura e densidade de energia, temperatura de Hagedorn, ocorre uma mudança de fase na matéria, os quarks e glúons em seu interior deixam de pertencer aos núcleos dos prótons e nêutrons, começam a se mover livremente, isolados, não estão mais confinados, formando um plasma de quarks e glúons. Se continuarmos a aumentar a temperatura e

a densidade de energia atingiremos outro limite crítico Tc, no qual o plasma de quarks e glúons, um superfluido, como um todo, se comporta como um quark isolado cujos glúons começam a empilhar-se ordenadamente, formando uma cascata de energia infinita, como mostra a Figura 4, ou seja, origina-se um buraco negro, o que o torna o estado mais energético da matéria existente, de energia quase infinita.

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN

Na mecânica quântica, todas as partículas possuem uma onda associada, e na temperatura normal essa onda é muito pequena, muito menor que a distância típica entre os átomos do gás, porém, conforme a temperatura diminui, o comprimento de onda aumenta. Abaixo de uma temperatura crítica, as ondas das partículas começam a se sobrepor e interagir, interferindo e formando uma onda conjunta. Isso é o que se chama condensado de Bose-Einstein, um estado onde os átomos atuam juntos, de forma coerente, com uma única função de onda para todos os átomos, onde as propriedades de onda quântica da matéria são visíveis, e já não podemos mais falar de átomos individuais, mas do todo como um único átomo; como um único grande átomo.

Isso pode ser entendido da seguinte forma: em um sistema físico, as partículas podem ser estabelecidas em vários níveis de energia, níveis discretos, a uma determinada temperatura, os átomos são distribuídos aleatoriamente entre todos os níveis de energia disponíveis. Agora, se eu abaixar a temperatura, os níveis discretos de energia disponível diminuem, portanto, os níveis de energia mais baixos são ocupados. Se a temperatura está muito baixa, passando de um limite crítico, apenas o nível mínimo de energia está disponível, o nível fundamental. Aqui esclarecemos que os Bósons se caracterizam, todos, por poderem ocupar o mesmo nível de energia, o fundamental. Assim, eles se tornam indistinguíveis, se comportam como um único átomo, um átomo grande, e suas propriedades quânticas tornam-se macroscópicas, visíveis.

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN E O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Vamos escrever a equação que define a temperatura crítica Tc, para produzir um condensado de Bose-Einstein.

$$T_c = \left(\frac{n}{\zeta(3/2)}\right)^{2/3} \frac{h^2}{2\pi m k_B}$$

onde:

T_c é a temperatura crítica,
n a densidade da partícula,
m a massa por bóson,
h a constante de Planck,
k_B a constante de Boltzmann, e
ζ a função zeta de Riemann; $\zeta(3/2) \approx 2{,}6124$.

Se calcularmos Tc para K_B = 1,38 10^-23 J/K, temos que Tc é aproximadamente:

- **Tc = 170 10^-9 K**, temperatura crítica aproximada do condensado de Bose--Einstein para baixas temperaturas, com átomos de rubídio.

Agora, vamos calcular o Tc considerando K_B = 1,78 10^-43 J/K

- **Tc = 170 10^-9 K / 1,78 10^-20 = 0,95 10^13 K**, temperatura crítica aproximada do condensado de Bose-Einstein para altas temperaturas com átomos de rubídio.

Para uma temperatura de aproximadamente 0,95 10^13 K, em um plasma de quarks e glúons, ocorre uma transição de fase que dá origem a um condensado Bosônico-Fermiônico, em altas temperaturas, que se caracteriza por ser muito energético.

Um buraco negro é um plasma de quarks e glúons, um superfluido que forma um condensado Bosônico-Fermiônico de altas temperaturas, caracterizado pelo fato de a matéria estar em seu estado de maior energia, ou seja, como um todo, se comporta como um quark isolado.

É importante ver que existem duas temperaturas críticas Tc, uma para baixa temperatura, Tc = 170 10^-9 K, energia mínima; e outra para o plasma de quarks e glúons em altas temperaturas, Tc = 0,95 10^13 K, energia máxima, e são determinadas pelo valor tomado pela constante de Boltzmann, ou seja, pelo grau de curvatura da estrutura do espaço-tempo.

Regime perturbativo, K_B = 1,38 10^-23 J/K.

Transição de regime perturbativo – não perturbativo, 1,38 10^-23 J/K > K_B > 1,78 10^-43 J/K.

Regime não perturbativo, K_B = 1,78 10^-43 J/K.

É muito importante esclarecer que os férmions são regidos pela lei de Fermi-Dirac e os bósons pela lei de Bose-Einstein.

Em analogia com as propriedades de materiais em temperaturas muito baixas,

propriedades de superfluido e supercondutividade, o plasma de quark e glúon atinge propriedades exóticas semelhantes, mas não com átomos e moléculas como normalmente sabemos; essas propriedades são alcançadas para plasma de quark e glúons, para quarks e glúons, um superfluido cuja propriedade principal faz com que este líquido ou fluido se comporte como quarks isolados, permitindo que os glúons se empilhem ordenadamente em uma cascata infinita de energia, tornando-se a matéria mais energética do universo. Dissemos também que quarks são férmions e glúons são bósons, mas nos buracos negros, em analogia com o que acontece com materiais supercondutores e superfluidos, o plasma dos quarks e glúons, como um todo, atua como um condensado. Bose-Einstein, como um único átomo cujas propriedades macroscópicas são exclusivas de todo o superfluido.

Na Figura 4, podemos ver a representação de um buraco negro, a matéria mais energética de todo o universo. Podemos ver que essa figura representa um quark no qual os glúons são empilhados em uma cascata ordenada aumentando a energia dos quarks, que é chamada de antiapantallamiento. Podemos também dizer que esse sistema assim formado não é estático, mas gira em sentido anti-horário e gera duas forças; uma força central Ft, em direção ao interior do buraco negro e uma força tangencial Ft no sentido anti-horário.

Para um buraco negro de 3MΘ, três massas solares, a velocidade dos quarks e glúons é igual a C = 300.000 km/s, e esta é a única situação em que a força tangencial Ft = 0. À medida que o buraco negro cresce, a força tangencial é diferente de zero Ft ≠ 0, portanto, neste caso, a força resultante em um buraco negro será dada pela soma vetorial da força Fc e a força Ft. O crescimento da força tangencial Ft é o resultado do fato de que a velocidade dos quarks e glúons é maior que a velocidade da luz no vácuo, C > 300.000 km/s.

Mais uma vez, vamos repetir, dentro de um buraco negro não há campos de força eletromagnética e campos de força fracos. Isso permite que a velocidade dos quarks e glúons seja maior do que a velocidade da luz.

B) ANÁLISE DO PLASMA DE QUARKS-GLÚONS E SUA RELAÇÃO COM OS BURACOS NEGROS

i) Método 1: Mudança de fase da matéria, temperatura de Hagedorn.

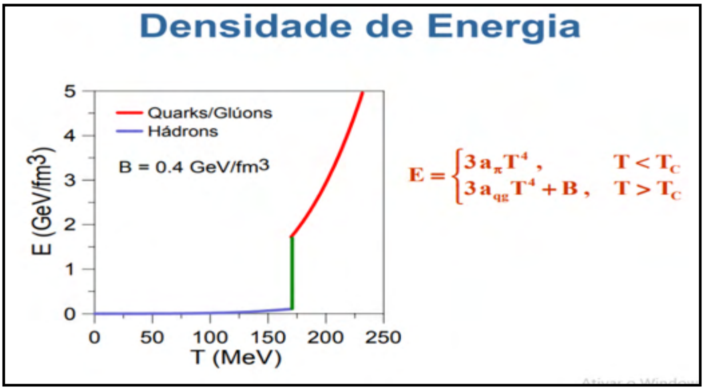


Figura 6

Para uma temperatura de 175 MeV, que corresponde a T = 0,2 10^13 K, ocorre uma mudança de fase na matéria, criando um plasma de quarks e glúons.

Dε = 1,7 GeV / fm^3

Dε = 1,7 GeV 10^45 GeV/C^2 x m^3

Dε = 1,7 x 1,78 x 10^45 x 10^-27 kg/m^3

- Dε = 3,02 10^18 kg /m^3, densidade aproximada de plasma quark e glúon.

ii) Método 2: Cálculo da densidade de um buraco negro considerando Lc (comprimento característico).

Lc = G x M / c^2, longitude característica.

Lc = 6,67 10^-11 x 6 10^30 / 9 10^16 = 40,02 10^19 / 9 10^16

Lc = 4,44 10^3 m

R = Lc / 2

- R = 2,22 10^3 m

Dε = m / v

Dε = 6 10^30 / 1,33 x 3,14 x 10,94 10^9 = 6 10^30 / 45,68 10^9

Dε = 0,1313 10^21

- Dε = 1,31 10^20 kg/m^3, densidade aproximada de plasma quark-glúon em um buraco negro de 3MΘ.

iii) Método 3: Cálculo da densidade média do plasma de quarks e glúons em um buraco negro de 3MΘ.

Massa do quark up:

mu = 1,5 MeV / c^2 = 1,5 x 1,79 x 10^-30 kg

- mu = 2,68 10^-30 kg, massa do quark up.

md = 4,0 MeV/c^2 = 4,0 x 1,79 x 10^-30 kg

- md = 7,16 10^-30 kg, massa do quark down.

Agora vamos calcular o volume do quark para calcular a densidade.

Para calcular o volume do quark, vamos usar o fator de escala da constante de Boltzmann.

M = 3MΘ = 3 x 2 10^30 = 6,0 10^30 kg

T = 10^13 K

K_B = 6,63 10^-34 x 27 10^24 / 8 x 3,14 x 10^13 x 6,67 10^-11 x 6,0 10^30

K_B = 179,01 10^-10 / 1005,30 10^32 = 0,1780 10^42

K_{BQ} = 1,78 10^-43 J/K, para um buraco negro.

D = K_B / K_{BQ}, D = 1,38 10^-23 /1,780 10^-43 = 0,7752 10^20 = 7,752 10^19

D = 7,752 10^19

D = Vc12 / Vq, Vq = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^-30 / 7,752 10^19

Vq = 1,76 10^-30 / 7,752 10^19 = 0,2270 10^-49 = 2,270 10^-50 m^3

- Vq = 2,270 10^-50 m^3, volume do quark.

V = (4/3) x π x R^3, R = 3 √ (V/ 1,33 x π) = 3 √ (2,270 10^-50 / 4,17) = 3 √ 0,5435 10^-50

R = 3 √ 5,435 10^-51 = 1,758 10^-17 m

R = 1,758 10^-17 m, corresponde ao raio do quark quando o buraco negro se forma.

Agora que sabemos o volume do quark, vamos calcular a densidade.

Para o quark up, temos:

Dεu = m/v

Dεu = 2,68 10^-30 / 2,27 10^-50

Dεu = 1,18 10^20 kg/m^3, densidade do quark up.

Para o quark down, temos:

Dεd = m/v

Dεd = 7,16 10^-30 / 2,27 10^-50

Dεd = 3,15 10^20 kg/m^3, densidade do quark down.

Antes de um buraco negro ser formado, existe uma estrela de nêutrons, portanto, vamos tomar como referência um nêutron formado por dois quarks down e 1 quark up.

Dε = (Dεd + Dεd + Dεu) / 3

Dε = (2 x 3,15 10^20 + 1,18 10^20) / 3

Dε = 2,49 10^20 kg/m^3, densidade aproximada do plasma de quark e glúons.

Com esses três métodos, demonstramos o seguinte:

1) O plasma de quark e glúon é formado com uma densidade aproximada Dε = 10^18 kg/m^3 para uma temperatura de 0,2 10^13K e aumenta conforme a temperatura aumenta.

2) Um buraco negro estelar é uma estrela formada por quarks e glúons, em uma configuração especial, que no momento de sua criação tem uma densidade de aproximadamente 1,31 10^20 kg/m^3 e uma temperatura gravitacional, TG de 10^13 K.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN E SEUS EFEITOS NOS BURACOS NEGROS

Nós sabemos, para um buraco negro se formar, existem condições críticas que devem ser atendidas:

Para um buraco negro estelar:

- T_G = 10^13 K, temperatura gravitacional.
- K_B = 1,78 10^-43 J/K
- M = 3MΘ = 6 10^30 kg
- Dε = 1,31 10^20 kg/m^3, densidade de energia.

Se analisarmos a Figura 6, vemos como a densidade de energia do plasma de quark e glúon aumenta com o aumento da temperatura, isso acontece após a transição da matéria ou mudança de fase para formar o plasma de quark e glúon.

Se olharmos para a Figura 6, vemos que para T = 175 MeV (0,2 10^13 K), a mudança de fase da matéria ocorre, transformando-se em um plasma de quarks e glúons com uma densidade de energia de aproximadamente 1,7 GeV / (c^2 x fm^3); se a temperatura continuar a aumentar após 175 MeV, observa-se que a densidade de energia também aumenta e é representada no gráfico pela curva vermelha.

A transição de fase da matéria é representada pela curva verde.

O que aconteceria se aplicássemos 200 MeV instantaneamente, sem passar pelo aumento gradual da temperatura, nesse caso vemos que a transição se deslocaria para a direita e corresponderia aos seguintes valores, conforme mostrado na Figura 2:

- T = 200 Mev (2,32 10^12 K)
- E = 3 GeV/ (c^2 x fm^3)

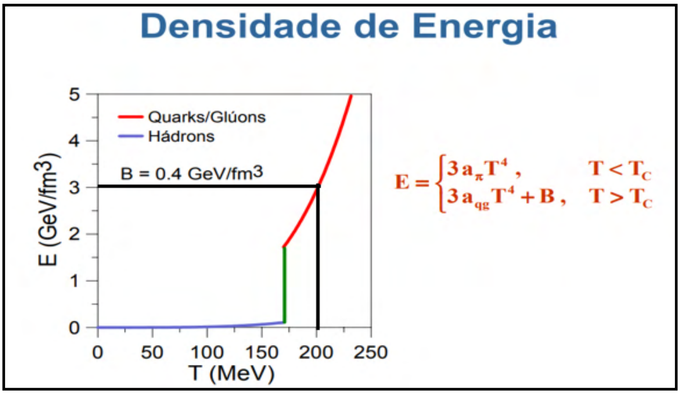


Figura 7

Considerando a Figura 7, vamos calcular o intervalo da constante de Boltzmann entre as seguintes temperaturas 175 MeV (0,2 10^13 K) e 870 MeV (10^13 K).

Vamos considerar que a relação de densidade de energia E(Gev/fm3) vs T(Mev) é lineal.

T = 175 MeV – 0,2 10^13 K – 3,02 10^18 Kg/m^3 – K_B = ?

T = 870 MeV – 10^13 K – 1,3 10^20 Kg/m^3 – K_B = 1,78 10^-43 J/K

K_B = (1,78 10^-43 x 1,3 10^20) / 3,02 10^18, relação inversa.

K_B = 0,76 10^-41 J/K

Calculamos para o momento em que ocorre a transição e o plasma quark-glúon é formado:

- T = 175 MeV = 0,2 10^13 K.
- Dε = 3,02 10^18 kg/m3
- K_B = 0,76 10^-41 J/K.

Finalmente, vamos dizer que para T = 175 MeV ocorre a transição de fase e o plasma de quarks-glúons é gerado para uma densidade de energia Dε = 3,02 10^18 kg/m3 e uma constante de Boltzmann correspondente K_B = 0,76 10^-41 J/K. De acordo com o gráfico da Figura 2, conforme a temperatura sobe para acima do valor crítico, vemos que a densidade de energia aumenta e consequentemente a constante de Boltzmann varia.

A criação de um buraco negro estelar não depende do homem, depende de processos naturais, portanto a constante de Boltzmann é da ordem K_B = 1,78 10^-43 J/K para faixas de temperatura maiores que 10^13 K.

C) O INTERIOR DE UM BURACO NEGRO

Depois de analisar as seções A) e B), vamos descrever o interior de um buraco negro e apresentar a seguinte hipótese:

Hipótese: os buracos negros seriam estrelas, que são formadas por um plasma de quarks e glúons, matéria exótica, ou seja, um condensado Bosônico-Fermiônico de altas temperaturas, que, como um todo, se comporta como um quark isolado no qual os glúons começam a se acumular formando uma cascata infinita de energia, o que o torna o estado mais energético da matéria que existe no universo, de energia quase infinita.

Lembre-se de que definimos o modelo elétrico de um buraco negro análogo a um circuito RC.

O colapso gravitacional faz com que campos de força eletromagnética e campos de força fracos desapareçam dentro do buraco negro. Apenas campos de força forte e gravitacional existem ou atuam.

O horizonte de eventos é um limite imaginário que nos diz que campos de força eletromagnéticos e campos de força fracos não existem dentro do buraco negro e é também o limite para a equação da relatividade geral de Einstein.

Parâmetros principais que caracterizam um buraco negro estelar 3MΘ:

- T_G = 10^13 K, temperatura gravitacional.
- K_B = 1,78 10^-43 J/K
- M = 3MΘ = 6 10^30 kg
- Dε = 1,31 10^20 kg/m3
- C = 300.000 km/s
- Ms = Ma – iMr, Mr = 0.
- Fs = Fc – iFt, Ft = 0.

É importante mencionar, quando um buraco negro de 3 massas solares se forma, a velocidade dos quarks e glúons é de 300.000 km/s, e conforme o buraco negro cresce, a velocidade dos quarks e glúons aumenta, ou seja, C > 300.000 km/s. Isso está relacionado à massa dos buracos negros, no momento em que o buraco negro de 3 massas solares é formado, a massa do buraco negro é igual a Ma, Mr = 0; isso se deve exatamente ao que foi dito, ou seja, c = 300.000 km/s. À medida que o buraco negro cresce, C > 300.000 km/s, isso implica que Mr também cresce. Mr é uma massa que surge de C > 300.000 km/s.

Dentro de um buraco negro existem duas forças resultantes, uma força central Fc, em direção ao interior do buraco negro e uma força Ft tangencial ao buraco negro. A força Ft está atrasada em relação à força Fc em 90 graus, conforme mostrado no diagrama a seguir.

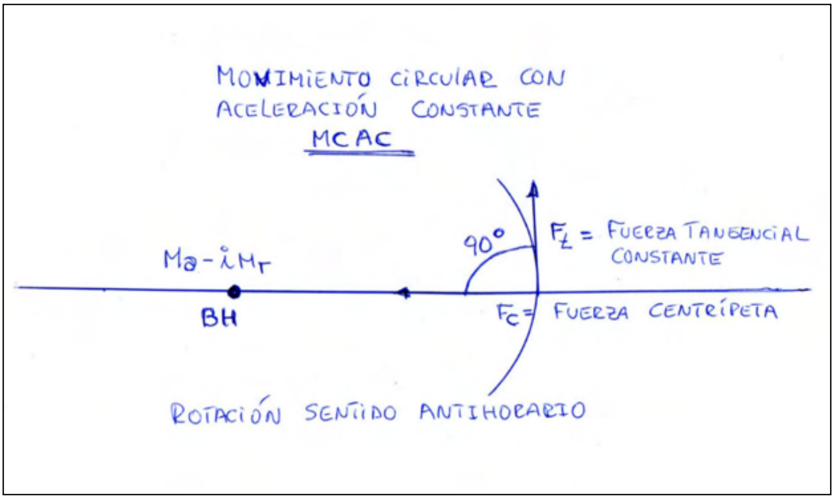


Figura 8

Aqui temos que esclarecer algo muito importante, vamos explicar o significado de Ms = Ma - iMr que resulta da equação Fs = Fc - iFt, as forças sendo vetores. Para explicar, vamos lembrar que o modelo elétrico de um buraco negro é um circuito RC.

Um circuito RC é representado pela seguinte equação, Z = R - iXc, onde R representa a resistência e Xc a reatância. Quando fazemos o diagrama fasorial, observamos que o fasor da reatância Xc atrasa o fasor da resistência R em 90 graus. Da mesma forma, quando representamos a força Fs = Fc - iFt, vemos que o fasor da força Ft está atrasado em 90 graus respeito ao fasor de força Fc, são duas magnitudes reais e o fator (-i) só é usado para representar esse atraso em 90 graus de Ft em relação a Fc. Essa interpretação é análoga para as massas Ms = Ma - iMr; não devemos interpretá-lo erroneamente como a existência de massa negativa.

Levando essas considerações, analisaremos a radiação Hawking que ocorre no horizonte de eventos.

De acordo com os cálculos de Hawking, o horizonte de eventos de um buraco negro deve emitir pares de partículas. A partícula HR deve se afastar do horizonte de eventos com uma frequência ω e uma energia hω, o que corresponde à matéria; a partícula P cairia no buraco negro com a mesma frequência ω, mas com energia negativa -hω, isso corresponde à antimatéria. É assim que pensamos até agora.

Se considerarmos que o buraco negro é uma estrela, composta de quarks e glúons, ou seja, de matéria, então, se considerarmos a radiação de Hawking, o que realmente teria que entrar no interior do buraco negro seria a partícula HR com uma frequência ω e uma energia hω, para se juntar à matéria que está dentro do buraco negro e aumentar sua massa. Com isso, estamos afirmando que o buraco negro cresce, sempre cresce, até

atingir uma condição crítica que explode e produz o Big Bang.

A partícula P, com frequência ω e energia -hω, que corresponde à antimatéria, ela se afastaria do horizonte de eventos na forma de uma onda gravitacional, ou seja, como uma perturbação do espaço-tempo.

Para finalizar esta seção e reforçar o que foi dito, vamos trazer um desenvolvimento escrito no artigo "DOS BURACOS NEGROS AO BIG BANG REV 9.2, APÊNDICE: 2":

Vamos considerar que dentro de um buraco negro Ms = Ma - iMr.

Substituímos Ms na equação $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 - 2iMaMrC^4$

i) Para t → 0, início do Big Bang.

Mr >> Ma

$E^2 = - Mr^2C^4 + 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

$E = (+/-)\ iMr \times C^2$

Mr = 1,20 10^82 kg

Ma = 1,20 10^56 kg

C = 3 10^8 m/s

E = +/- i 1,20 10^82 x 9 10^16

E = +/- i 10,8 10^98

- E = (+/-) i 1,08 10^99 J

ii) Para t → ∞, espaço-tempo estabilizado, Mr →0

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$E = (+/-) \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$

Conclusão:

É a massa da matéria Mr, massa imaginária, que define a energia total do Big Bang.

O duplo sinal de energia corresponderia à matéria formada por quarks e glúons, o

que seria dado pela expressão E = - iMr x C². A energia E = + iMr x C² estaria associada à antimatéria; ambas as energias seriam usadas para expandir o espaço-tempo (Big Bang) para recuperar seu tamanho original. Essa energia é o resultado de assumir que quarks e glúons têm uma velocidade C > 300.000 km/s, outra forma de interpretar isso é assumir constante C = 300.000 km/s; mas isso nos levaria à massa resultante sendo Ms = Ma - iMr, ou seja, a massa imaginária é criada.

A energia que corresponderia à antimatéria faria parte da mesma estrutura do espaço-tempo. A interação da matéria com o espaço-tempo que chamamos de gravidade nada mais seria do que a interação da matéria com a antimatéria e por meio desse mecanismo as energias são canceladas, ou seja, mais uma vez se aplica o princípio da conservação da energia. Isso seria análogo ao que Dirac disse que a matéria estaria em um mar de antimatéria, sendo a antimatéria a mesma estrutura espaço-tempo.

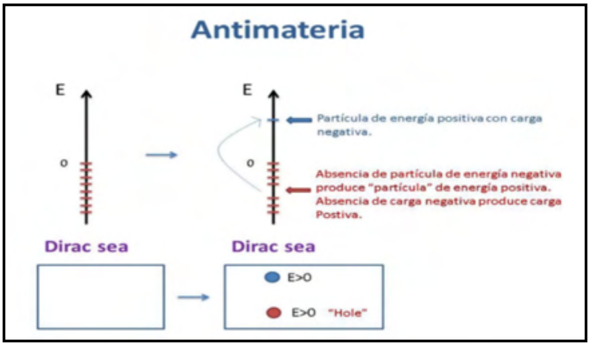


Figura 9

Novamente, a ideia é a seguinte, a gravidade é a consequência da interação da matéria (energia) com a própria estrutura do espaço-tempo, onde o espaço-tempo é a antimatéria. Isso seria o que Dirac expressou que a matéria estaria em um mar de antimatéria, sendo a antimatéria a mesma estrutura espaço-tempo.

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

O lado esquerdo da equação representa o espaço-tempo (antimatéria), o lado direito da equação representa a energia (matéria); portanto, a equação da relatividade geral de Einstein representa a interação gravitacional resultante entre matéria e antimatéria.

D) TEORIA M, DIMENSÕES EXTRA E O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Para desenvolver esta seção, usaremos os vídeos do IFT UAM como um guia e suporte técnico.

Na teoria das cordas, os graus fundamentais de liberdade são objetos unidimensionais estendidos, cordas que vivem em um espaço-tempo de 10 dimensões; 9 para espaço e 1 para tempo. Essas cordas podem interagir por divisão – recombinação, e a intensidade dessa interação é medida por um parâmetro gs, a constante de acoplamento da corda, que pode variar entre 0 e infinito. Quando a constante de acoplamento é pequena, ela é chamada de regime perturbativo; quando a constante de acoplamento é grande, ela é chamada de regime não perturbativo. No regime não perturbativo, novas componentes aparecem, as P-Branas, que são extensas e têm P dimensões espaciais estendidas; as cordas deixam de ter um papel essencial, ficam em pé de igualdade com todas aquelas branas e coexistem todos esses objetos de diferentes dimensões extensas.

Quando gs é pequeno, regime é perturbativo. Esse regime é dominado por um único objeto, as cordas, e nesse regime a energia necessária para criar uma brana aumenta muito. Nesse regime, a teoria das cordas é bem explicada, bem formulada e bem definida.

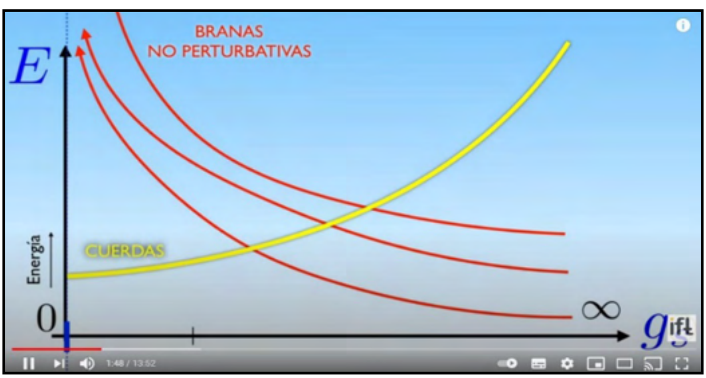


Figura 10

Agora, vamos estudar quando gs vai para o infinito, regime não perturbativo (acoplamento infinito).

Existem 5 tipos diferentes de teoria das cordas supersimétricas em 10 dimensões, a saber: TIPO IIA, TIPO IIB, TIPO I, HETERÓTICO E8 X E8 E HETERÓTICO SO (32). Essas teorias são muito diferentes umas das outras, têm diferentes conteúdos de partículas, diferentes interações, diferentes supersimetrias, diferentes grupos de simetria e também têm diferentes conteúdos de P-Branas.

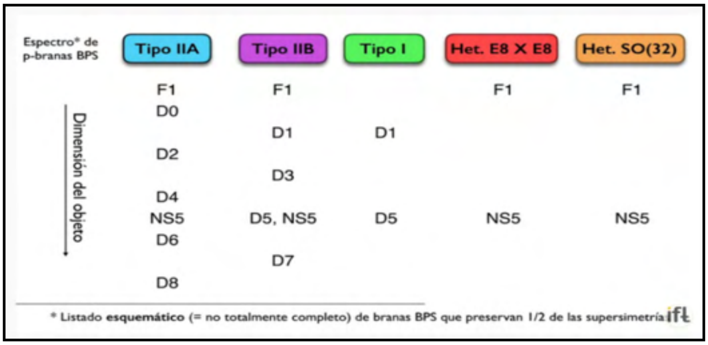


Figura 11

Para estudar como as branas se comportam quando gs vai ao infinito, é importante especificar qual teoria das cordas específica vamos estudar. Para o nosso caso, vamos estudar a teoria TIPO IIA, uma teoria que vive em 10 dimensões e tem um conteúdo perturbativo correspondente ao gráviton e seus companheiros, além disso, há um conteúdo não perturbativo de P-Branas. As branas D0 são objetos sem dimensão extensa, são como partículas.

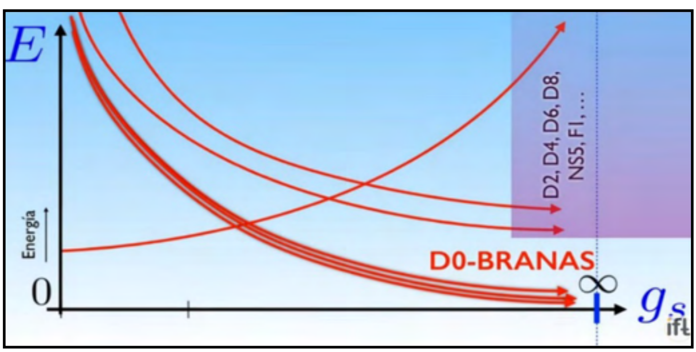


Figura 12

Observa-se que o limite quando o acoplamento tende ao infinito é dominado pelo D0-Branas. Isso é muito interessante, é um único objeto que está dominando toda a dinâmica e não são cordas, são partículas pontuais e é uma teoria que tem gravidade quântica.

No caso de D0-Branas, a energia de ligação é zero (0), basicamente porque essas branas são supersimetrias BPS (estado com certas propriedades protegidas por supersimetria). A supersimetria causa o cancelamento de muitas quantidades, especificamente a energia de ligação entre D0-Branas.

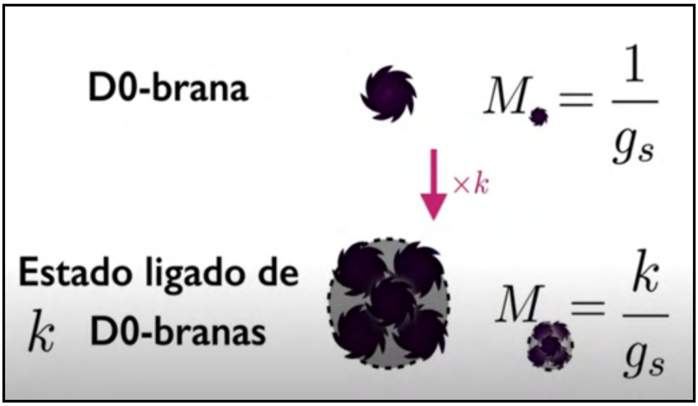


Figura 13

Portanto, a massa de uma partícula é igual a M = 1/gs e a massa de um conjunto de partículas no estado ligado é M = k/gs. Com isso temos que os diferentes estados para os diferentes valores de k, os diferentes conjuntos de partículas não perturbativas, formariam uma torre cujas massas seriam exi-espaçadas pelo valor 1/gs. Agora, se fizermos gs ir para o infinito, ou seja, um acoplamento infinitamente forte, todas as partículas daquela torre terão massa igual a zero (0); haveria um número infinito de partículas com massa zero (0).*

Como uma dimensão extra é descoberta? Vimos que, se você tiver uma teoria de que existe uma dimensão extracompactada em um círculo de raio R, a maneira pela qual essa dimensão extra se manifesta é que uma torre de estado aparece com massas espaçadas em uma quantidade 1/R; e isso é exatamente o que estamos observando em nossa teoria do TIPO IIA em acoplamento rígido. Ou seja, a teoria possui uma dimensão extraoculta com um raio R controlado pela constante de acoplamento gs. Os D0-Branas são as réplicas Kaluza-Klain dos estados da teoria em 10 dimensões, ou seja, do gráviton.

Portanto, temos uma teoria 11-dimensional, onde uma das dimensões é compactada em um raio de tamanho R que está relacionado à constante de acoplamento gs. Quando R é pequeno, gs também é pequeno, ou seja, recuperamos uma teoria 10-dimensional com o acoplamento fraco que corresponde exatamente à teoria TIPO IIA, perturbativa com a qual começamos.

Quando vamos para o acoplamento forte, no limite em que R e gs tendem ao infinito, o círculo de dimensão 11 é descomprimido, ou seja, recuperamos uma teoria em 11 dimensões.

Teoria M, é a teoria 11-dimensional que é recuperada quando o círculo que está oculto na dimensão extra da teoria TYPO IIA é descompactado.

Vamos dar um exemplo explicando o que significa quando falamos de um regime

perturbativo e um regime não perturbativo.

Podemos explicar o significado de regime perturbativo, por meio de uma analogia hidrodinâmica, dizendo, se considerarmos um lago com águas calmas e atirarmos uma pequena pedra, são produzidas pequenas ondas que se propagam na água; dizemos que estamos em um regime perturbativo e seria análogo ao espaço-tempo em que ocorrem pequenas perturbações significativas.

Quando falamos em regime não perturbativo, hidrodinamicamente, estamos nos referindo como exemplo ao mar muito agitado, ondas gigantes; no regime do espaço-tempo seria análogo por exemplo aos buracos negros, grandes perturbações do espaço-tempo.

Depois de ter explicado o regime perturbativo e não perturbativo, vamos tentar explicar a teoria M com suas 11 dimensões comparando-a com o modelo RLC de nosso universo e o fator de escala da constante de Boltzmann.

Sabemos que a teoria M tem 11 dimensões. Três dimensões espaciais mais uma temporal (3 + 1), essas são as dimensões que vivemos todos os dias, aquelas que nossos sentidos percebem. A seguir, temos a teoria das supercordas que consistem em 10 dimensões, além das 4 dimensões, mais 6 dimensões são adicionadas. Finalmente, temos uma dimensão extra que desempacotada cria as 11 dimensões da teoria M.

Em nosso modelo RLC do universo que inclui o fator de escala da constante de Boltzmann, também temos 3 etapas. Poderíamos determinar a primeira etapa para o regime no qual a constante de Boltzmann é igual a K_B = 1,38 10^-23 J/K; poderíamos determinar o segunda etapa para o regime no qual a constante de Boltzmann varia de 1,38 10^-23 J/K > K_B >1,78 10^-43 J/K; e a terceira etapa para o regime em que a constante de Boltzmann é igual a K_B = 1,78 10^-43 J/K.

Considerando essas duas teorias, a teoria M e a teoria do modelo RLC, faremos a seguinte comparação, em 3 etapas:

Primeira etapa: Em teoria, M corresponde às (3 + 1) dimensões em que vivemos, as três dimensões espaciais mais o tempo. Na teoria do modelo RLC, corresponde ao regime no qual a constante de Boltzmann é igual a K_B = 1,38 10^-23 J/K. Estamos em um regime perturbativo, ou seja, baixo gs, dominado pelas cordas. Esse regime é caracterizado pelo fato de que a estrutura do espaço-tempo não sofrer modificações.

Segunda etapa: ocorre um processo de descompactificação da matéria. Na teoria M, isso seria representado pela teoria das supercordas de 10 dimensões, ou seja, pelas dimensões (3 + 1) e mais 6 dimensões adicionais que surgem do primeiro processo de descompactificação. No modelo RLC, esse regime seria caracterizado em que a constante de Boltzmann varia entre 1,38 10^-23 J/K > K_B >1,78 10^-43 J/K. Estamos em um regime de transição de perturbativo para não perturbativo, ou seja, gs tende a um grande valor. Este regime é caracterizado pelo fato de que a estrutura do espaço-tempo sofre modificações.

Um exemplo desse regime seriam estrelas anãs brancas e estrelas de nêutrons.

Terceira etapa: *nesta etapa da Teoria M ocorre o segundo processo de desempactificação, ou seja, ocorre a descompactificação da dimensão 11, o raio R torna-se infinitamente grande. No modelo RLC, nesse regime, a constante de Boltzmann assume o valor de K_B = 1,78 10^-43 J/k. Estamos em um regime não perturbativo, ou seja, gs é infinito. Nesse regime a estrutura do espaço-tempo sofre grandes modificações, um exemplo concreto seria a criação dos buracos negros.*

A descompactificação da dimensão 11, na teoria M, é equivalente à criação de um buraco negro.

DESCOMPACTIFICAÇÃO DA DIMENSÃO 11

É importante entender que o conceito de dimensão depende da escala de energias ou distâncias. Estamos acostumados com as quatro dimensões do dia a dia (x, y, z, t), agora quando trabalhamos em altas energias no LHC, ou pequenas distâncias introduzimos mais 6 dimensões, ou seja, estaríamos trabalhando em 10 dimensões, que é o caso do plasma de quark e glúon. No modelo RLC, podemos representar isso porque a constante de Boltzmann varia no intervalo de 1,38 10^-23 J/K > K_B > 1,78 10^-43 J/K.

Se imaginarmos a dimensão 11, como um círculo, desenrolamos o círculo para representá-lo como um intervalo, então todas as partículas têm uma função de onda nesse intervalo ou no círculo, que deve ser periódico. Esse tipo de onda é caracterizado por um número K e podemos representá-lo da seguinte maneira, k = 0, (+/-) 1, (+/-) 2, (+/-) 3 etc.

> *O momento ou energia que as partículas possuem, não residem nas 10 dimensões – está oculto na dimensão 11. Essa energia interna se manifesta como uma massa adicional na dimensão 11.*

Por meio de equações, podemos representá-lo da seguinte forma:

λ = (2 x π x R) / K

λ = h/p

p = (h x k) / 2 x π x R

A energia pode ser escrita como:

> *E = √{(m^2 x c^4) + (Px^2 + Py^2 +Pz^2) C^2 + (h x k / 2 x π x R)^2 x C^2}*

Onde a massa de repouso que um observador vê é igual:

- *M^2 = m^2 + (h x k / 2 x π x R)^2*

Esta é a fórmula geral que nos diz como detectar uma dimensão extra.

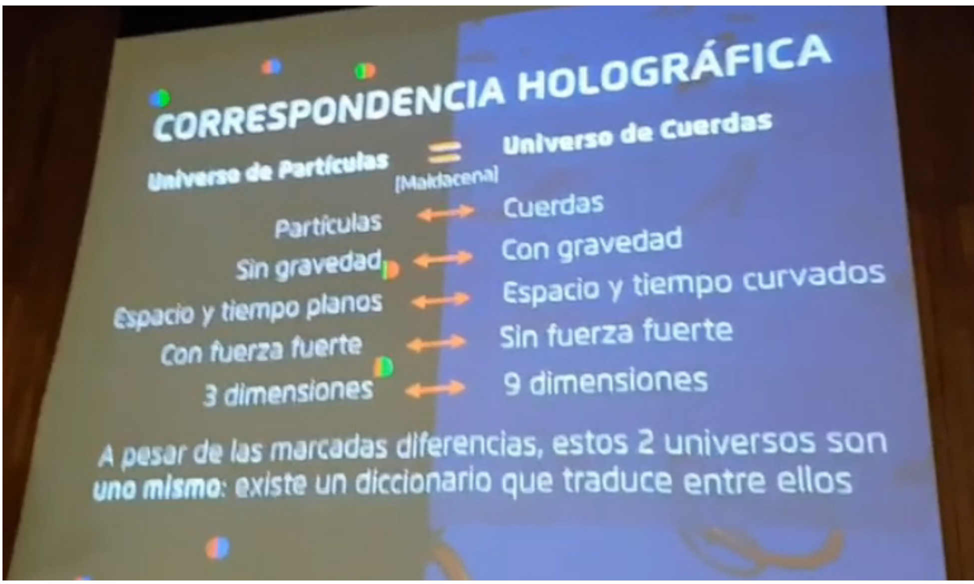
Dissemos que a massa de um buraco negro é igual a:

Ms = Ma – iMr

Ms^2 = ma^2 + Mr^2

Onde Mr representa a massa imaginária de um buraco negro que resulta da descompactificação da dimensão 11 da teoria M.

E) CORRESPONDÊNCIA ADS/CFT E O FATOR DE ESCALA DE CONSTANTE DE BOLTZMANN



Quando analisamos a teoria M e o modelo RLC é inevitável fazer uma comparação com a correspondência ADS/CFT.

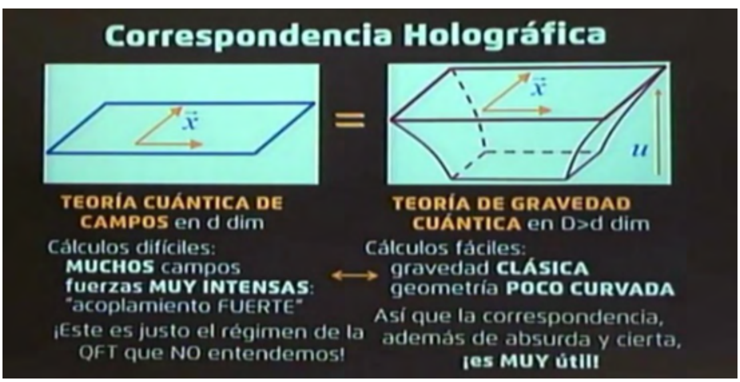
De acordo com a análise realizada na teoria M e no modelo RLC, no regime não perturbativo, quando gs é infinitamente grande, podemos igualar uma teoria da gravidade no espaço ADS anti-de Sitter, de n + 1 dimensões, com uma teoria de campo conforme CFT de n dimensões. Não perguntamos por que podemos fazer isso? E a resposta está no fator de escala da constante de Boltzmann do modelo RLC.

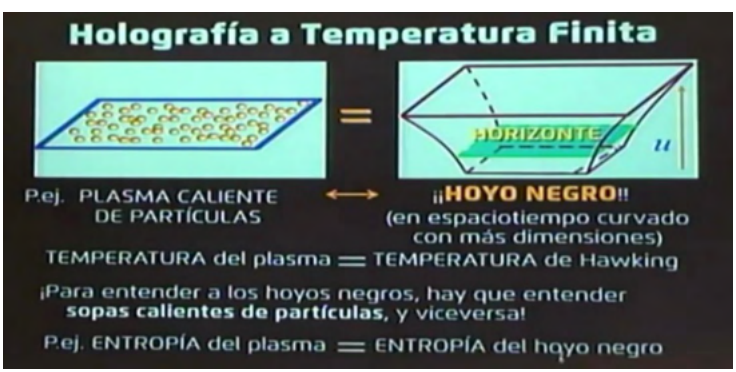
Daremos a resposta com um exemplo em que a viscosidade do plasma de quark e glúon é calculada. Para regime não perturbativo, para gs muito grandes tendendo ao infinito, estamos comparando duas teorias nas quais as constantes de Boltzmann são aproximadamente iguais. Para o caso da teoria ADS 11-dimensional, em que introduzimos um buraco negro, a constante de Boltzmann é igual a K_B = 1,38 10^-43 J/K. Para a teoria CFT de 10 dimensões, na qual queremos calcular a viscosidade do plasma de quark e

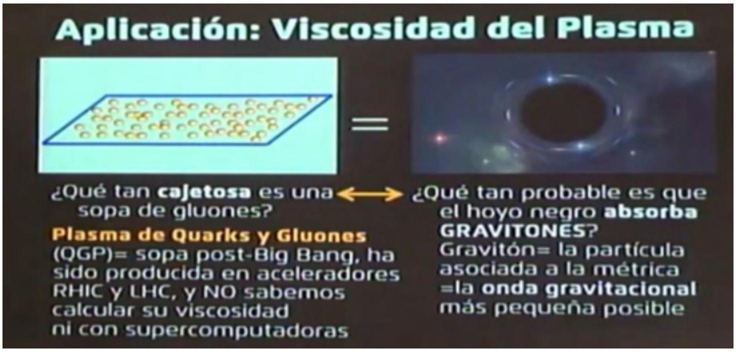
glúon, a constante de Boltzmann é da ordem de 0,76 10^-41 J/K > K_B > 1,78 10^-43 J/K. Isso está nos dizendo que podemos usar as duas teorias ADS e CFT para calcular a viscosidade do plasma de quark e glúon porque ambas as teorias estão trabalhando em um regime não perturbativo quase idêntico, e é por isso que qualquer uma das teorias que usamos para realizar o cálculo a resposta vai ser a mesma.

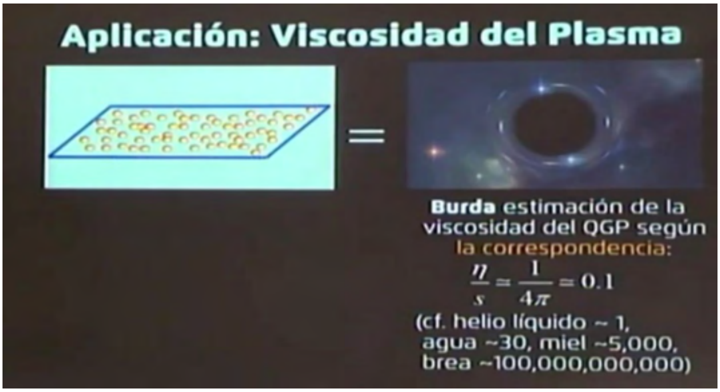
No acoplamento forte, no limite em que gs tende ao infinito, ou seja, no regime não perturbativo, podemos reduzir a teoria das supercordas à relatividade geral e com isso podemos simplesmente usar uma teoria da gravidade em um espaço ADS anti-de Sitter, para descrever o regime de forte acoplamento de uma teoria de partículas, chamamos QCD dual. Isso se torna uma dualidade muito útil.

Em outras palavras, sempre que usamos uma teoria CFT que trabalha com uma constante de Boltzmann próxima a K_B = 1,78 10^-43 J/K, podemos dizer que a dualidade ADS = CFT é satisfeita.









Exemplo 2:

Na teoria QED, em 10 dimensões, considerando o regime não perturbativo, o valor de gs tendendo ao infinito e a constante de Boltzmann muito próxima de K_B = 1,78 10^-43 J/K, vamos supor:

ADS ←------------→ CFT

Gravidade ←------------→ QED

Espectro de onda gravitacional ←-------------→ Espectro de onda eletromagnética

Vamos considerar a teoria QED em um espaço-tempo de 10 dimensões. Um exemplo desse caso seriam as estrelas de nêutrons, gs muito grande e perturbação do espaço-tempo.

Na física, sabemos que existe um espectro de frequências eletromagnéticas. Na eletrodinâmica quântica (QED), os fótons são as partículas intermediárias da interação eletromagnética e são os blocos de construção fundamentais das ondas eletromagnéticas no nível quântico.

Vamos descrever equações simples que representam o espectro eletromagnético.

h = constante de Planck.

- $E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$
- $C_\varepsilon = \lambda_\varepsilon \times f_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = h \times C_\varepsilon / \lambda_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$
- $K_{B\varepsilon} = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K

Vamos considerar a teoria da gravidade no espaço-tempo de 11 dimensões.

Com a descoberta das ondas gravitacionais podemos inferir que também existe um espectro de ondas gravitacionais que representariam vibrações da estrutura do espaço-tempo. Nesse contexto, os grávitons seriam análogos aos fótons no caso eletromagnético e seriam os mediadores das ondas gravitacionais. Portanto, os grávitons seriam os blocos de construção fundamentais das ondas gravitacionais no nível quântico.

Devemos lembrar que tanto as ondas eletromagnéticas quanto as gravitacionais são ondas transversais.

Uma onda gravitacional é uma perturbação da estrutura do espaço-tempo que se manifesta da seguinte forma, contração, alongamento ou simplesmente ondulação do espaço-tempo; enquanto uma onda eletromagnética se manifesta como a propagação de campos elétricos e magnéticos no mesmo espaço-tempo sem afetar a estrutura do espaço-tempo.

Levando em consideração a correspondência ADS/CFT, vamos descrever a gravidade usando as mesmas equações QED, considerando as 10 dimensões. Isso seria expresso pela introdução do fator de escala da constante de Boltzmann que leva a alterar o valor da constante de Boltzmann para ondas gravitacionais.

Em outras palavras, no regime não perturbativo, com gs tendendo ao infinito, quando a constante de Boltzmann K_B se aproxima de $1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, podemos escrever as seguintes equações para ondas gravitacionais:

- $E_G = h \times f_G$
- $C_G = \lambda_G \times f_G$
- $E_G = h \times C_G / \lambda_G$
- $E_G = K_{BG} \times T_G$
- $K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Até agora, seguindo um caminho intuitivo, mostramos que podemos descrever as ondas gravitacionais usando as mesmas equações QED, mas mudando a constante de Boltzmann.

Como consequência desse conjunto de equações que descrevem o espectro das ondas eletromagnéticas e gravitacionais com diferentes valores para a constante de

Boltzmann, surgiu o conceito de temperatura eletromagnética T_ε e temperatura gravitacional T_G.

Portanto, vamos definir que a temperatura eletromagnética é diferente da temperatura gravitacional, ou seja:

$T_\varepsilon \ddagger T_G$

Também podemos inferir que a energia eletromagnética será diferente da energia gravitacional:

$E_\varepsilon \ddagger E_G$

Nossa pergunta é: por que a diferença entre a temperatura Tε e a temperatura TG?

Minha resposta é a seguinte, é a própria natureza das ondas eletromagnéticas e gravitacionais que determina a diferença entre as temperaturas T_ε e T_G; desde que não haja mudança na estrutura do espaço-tempo, a temperatura de um sistema será determinado pela temperatura eletromagnética T_ε. Em um buraco negro, onde não há campos de força eletromagnéticos e fracos, a temperatura será determinada pela temperatura gravitacional T_G (com a tecnologia atual não podemos medir a temperatura de um buraco negro porque não podemos detectar efeitos gravitacionais, T_ε dentro de um buraco negro é 0 K (kelvin)), A transição dos efeitos eletromagnéticos que determinam a temperatura eletromagnética T_ε para os efeitos gravitacionais que determinam a temperatura gravitacional T_G seria dada por mudanças na estrutura do espaço-tempo, isso seria representado usando o fator de escala da constante de Boltzmann.

É o fator de escala da constante de Boltzmann que nos diria se estamos medindo uma temperatura puramente eletromagnética, puramente gravitacional ou a soma das temperaturas eletromagnética e gravitacional. Posteriormente, determinaremos que dentro de um buraco negro existe apenas temperatura gravitacional e ela é dada por oscilações de frequência (alta energia) no espaço-tempo. Temos que lembrar que dentro de um buraco negro não existem campos de força eletromagnética e campos de força fracos.

Atualmente não existem instrumentos que nos permitam medir os efeitos das variações na estrutura do espaço-tempo que determinam a temperatura gravitacional TG de um buraco negro, mas podemos estimá-la usando a equação da radiação de Hawking e o fator de escala da constante de Boltzmann.

$T = hc^3 / 8\pi K_B G M$

Leve em consideração que a constante de Boltzmann varia de:

K_B = 1,38 10^-23 J/K, até, K_B = 1,78 10^-43 J/K

Quando um buraco negro se forma, K_B = 1,78 10^-43 J/K.

1. $E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$

2. $E_G = K_{BG} \times T_G$

Se observarmos as equações, levando em consideração as constantes de Boltzmann $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^-23 J/K que corresponde ao domínio das quatro forças fundamentais e K_{BG} = 1,78 10^43 J/K, que corresponde ao domínio do campo da força forte e gravitacional dentro de um buraco negro, é determinado que existe uma diferença de 10^20 em ordem de magnitude entre a energia E_ε e E_G, ou seja, se fizermos $T_\varepsilon = T_G$, temos que E_ε = 10^20 E_G.

Esse fator 10^20 é muito importante, possivelmente está nos dizendo o nível de energia que existe entre o fóton e o gráviton, está nos dizendo que o gráviton tem uma energia da ordem de 10^20 vezes menos que o fóton.

Exemplo:

Se considerarmos estrelas anãs brancas (pressão de degeneração de elétrons) e estrelas de nêutrons (pressão de degeneração de nêutrons), esses sistemas têm uma perturbação que modifica a estrutura espaço-temporal e estão em um processo de transição espaço-tempo porque sua constante de Boltzmann é encontrada em valores intermediários entre os extremos K_B = 1,38 10^-23 J/K e K_B = 1,78 10^-43 J/K.

Estrelas anãs brancas e estrelas de nêutrons são dois exemplos de sistemas em que há mudanças na estrutura do espaço-tempo. Conhecendo a constante de Boltzmann, podemos calcular a temperatura nesses sistemas usando a equação de radiação de Hawking.

Quando calculamos a temperatura de um buraco negro usando a equação de radiação de Hawking e a constante de Boltzmann K_{BG} = 1,78 10^-43 J/K, isso nos dá que a temperatura é T_G = 10^13 K, e essa temperatura é dada pelos efeitos gravitacionais do espaço-tempo e não por efeitos eletromagnéticos.

Para finalizar este ensaio, vamos determinar a temperatura de um buraco negro estelar 3MΘ e as constantes de Boltzmann dadas por $K_{B\varepsilon}$ e K_{BG}.

$TBH = T_\varepsilon + T_G$

T_ε = hc^3 / 8 x π x $K_{B\varepsilon}$ x G x M = 9,9 10^-16 K

T_G = hc^3 / 8 x π x K_{BG} x G x M = 10^13 K

$TBH = T_\varepsilon + T_G$ = 0 K + 10^13 K

$TBH = T_G$ = 10^13 K

Mostramos que a temperatura de um buraco negro é 10^13 K e é uma temperatura gravitacional, não eletromagnética; isto é, não podemos detectá-lo usando os instrumentos que temos hoje. Isso seria devido a mudanças na estrutura do espaço-tempo de alta frequência, variações do espaço-tempo de alta energia.

Essa temperatura T_G de um buraco negro está relacionada à descompactificação

do espaço-tempo e também à radiação de Hawking, ou seja, às ondas gravitacionais estacionárias que um buraco negro emite.

Para finalizar, vamos definir:

- Na ausência de uma perturbação que modifique a estrutura do espaço-tempo, a temperatura de um sistema T será determinada pela temperatura eletromagnética Tε, ou seja, a temperatura gravitacional T_G = 0. Isso é verdade no domínio das quatro forças fundamentais. Consideramos a constante de Boltzmann para esse sistema igual a $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^-23 J/K.
- Dentro de um buraco negro, no domínio das forças de campo forte e gravitacional, a temperatura será determinada pela temperatura gravitacional T_G, ou seja, a temperatura eletromagnética Tε = 0. Nesse contexto, a constante de Boltzmann será K_{BG} = 1,78 10^-43 J/K.
- Existe uma condição intermediária, no domínio das quatro forças fundamentais, em que existem variações na estrutura do espaço-tempo, que se manifesta pela variação da amplitude da constante de Boltzmann que vai de $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^23 J/K até K_{BG} = 1,78 10^-43 J/K. Nessa condição, a temperatura do sistema será determinada pela interação da temperatura eletromagnética e da temperatura gravitacional, T = Tε + T_G.

MASSA EQUIVALENTE DO FÓTON E SUA RELAÇÃO COM GRÁVITON

Os fótons realmente têm massa equivalente verificável experimentalmente? A resposta foi dada pelo físico norte-americano Arthur Compton em 1922, que, ao realizar experimentos para fazer os raios X colidirem com os elétrons, o desvio na trajetória destes últimos correspondia a uma colisão com uma partícula de massa equivalente calculada para o fóton com a seguinte fórmula.

M(fóton) = E / C^2 = h x C / λ x C^2 = h / (λ x C)

M(fóton) = h / (λε x Cε)

Exemplo:

Calcule a massa equivalente de um fóton correspondente a comprimentos de onda de 680 nm (vermelho); 0,1 nm (raios X) y 0,001 nm (raios gamma)

$$\textbf{(massa Fotón)}_{680} = \frac{6{,}626\cdot10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}}{6{,}80\cdot10^{-7}\ \text{m}\cdot 2{,}9979\cdot10^{8}\ \text{m/s}} = 3{,}25037\cdot10^{-36}\ \text{kg}$$

$$\textbf{(massa Fotón)}_{0,1} = \frac{6{,}626\cdot10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}}{0{,}1\cdot10^{-9}\ \text{m}\cdot 2{,}9979\cdot10^{8}\ \text{m/s}} = 2{,}21025\cdot10^{-32}\ \text{kg}$$

$$(\text{massa Fotón})_{0,001} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s}}{0,001 \cdot 10^{-9}\ \text{m} \cdot 2,9979 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}} = 2,21025 \cdot 10^{-30}\ \text{kg}$$

Comparado com a massa do elétron (9,10939 · 10-31 kg), a massa do fóton é menor, mas no caso dos raios gama (0,001 · 10-9 nm) as massas são da mesma ordem e um pouco mais altas!

Se considerarmos a seguinte equação:

$E_\varepsilon = 10^{20} E_G$

$M(\text{gráviton}) = h / (\lambda_G \times C_G)$

Isso nos diz que a energia eletromagnética é da ordem de 10^20 vezes maior que a energia gravitacional, portanto, podemos inferir o seguinte:

M(fóton) = 10^20 M(gráviton)

M(gráviton) = M(fóton) / 10^20

Com isso mostramos que a massa equivalente do gráviton é variável, em analogia com o fóton e depende de seu comprimento de onda λ (lembre-se que existe um espectro de onda gravitacional).

Também mostramos que a massa equivalente do gráviton é 10^20 vezes menor que a massa do fóton e assume valores menores que 10^-50 kg se tomarmos como referência a massa equivalente de um fóton de raios gama.

Se considerarmos o espectro das ondas eletromagnéticas, vemos que a massa equivalente do fóton varia aproximadamente de 10^-30 kg a 10^-50 kg, da mesma forma se considerarmos o espectro das ondas gravitacionais, a massa equivalente do gráviton varia aproximadamente de 10^- 45 kg até 10^-65 kg.

Exemplo:

Vamos usar as seguintes equações; vamos fazer um paralelismo para ver as diferenças de energia e temperatura para os espectros eletromagnético e gravitacional.

- $E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$
- $C_\varepsilon = \lambda_\varepsilon \times f_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = h \times C_\varepsilon / \lambda_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$
- $E_G = h \times f_G$
- $C_G = \lambda_G \times f_G$
- $E_G = h \times C_G / \lambda_G$

- $E_G = K_{BG} \times T_G$

i) Vamos trabalhar com frequências de raios gama.

$F\varepsilon = 10^{24}$ Hz

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{24} = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon;\ T\varepsilon = E\varepsilon / K_{B\varepsilon} = 6{,}62\ 10^{-10} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{13}$

$T\varepsilon = 4{,}79\ 10^{13}$

$f_G = 10^{24}$ Hz

$E_G = h \times f_G = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{24} = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G;\ T_G = E_G / K_{BG} = 6{,}62\ 10^{-10} / 1{,}78\ 10^{-43} = 3{,}71\ 10^{33}$ K

$T_G = 3{,}71\ 10^{33}$ K

ii) Vamos trabalhar com radiofrequências de ondas longas.

$F\varepsilon = 1$ Hz

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 1 = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E\varepsilon = KB\varepsilon \times T\varepsilon;\ T\varepsilon = E\varepsilon / KB\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{-11}$ K

$T\varepsilon = 4{,}79\ 10^{-11}$ K

$f_G = 1$ Hz

$E_G = h \times fG = 6{,}62\ 10^{-34} \times 1 = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G;\ T_G = E_G / K_{BG} = 6{,}62\ 10^{-34} / 1{,}78\ 10^{-43} = 3{,}71\ 10^{9}$ K

$T_G = 3{,}71\ 10^{9}$ K

iii) Vamos trabalhar com radiofrequência.

$F\varepsilon = 10^{4}$ Hz = 10.000 Hz

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{4} = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E\varepsilon = KB\varepsilon \times T\varepsilon;\ T\varepsilon = E\varepsilon / KB\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-30} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{-7}$K

$T\varepsilon = 4{,}79\ 10^{-7}$ K

$f_G = 10^{4} = 10.000$ Hz

$E_G = h \times f_G = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{4} = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G$; $T_G = E_G / K_{BG}$ = 6,62 10^-30 / 1,78 10^-43 = 3,71 10^13 K

T_G = 3,71 10^13 K

iv) Vamos considerar a temperatura de formação de um BH de 3MΘ.

T = 10^13 K

$E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$ = 1,38 10^-23 x 10^13 = 1,38 10^-10 J

E_ε = 1,38 10^-10 J

E_ε = 8,61 10^8 ev, energia do fóton.

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$; $f_\varepsilon = E_\varepsilon / h$ = 1,38 10^-10 / 6,62 10^-34 = 0,20 10^24

f_ε = 0,20 10^24 Hz

M(fóton) = h / ($\lambda_\varepsilon \times C_\varepsilon$); λ_ε = 15 10^-16 m

M(fóton) = 6,62 10^-34 / (15 10^-16 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 45 10^-8 = 0,14 10^-26

M(fóton) = 1,4 10^-27 kg

$E_G = K_{BG} \times T_G$ = 1,78 10^-43 x 10^13 = 1,78 10^-30J

E_G = 1,78 10^-30J, energia do gráviton.

E_G = 1,11 10^-11 ev

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h$ = 1,78 10^-30 / 6,62 10^-34 = 0,26 10^4 = 2,6 10^3 Hz

f_G = 2600Hz; frequência fundamental, λG = 1,15 10^5 m

M(gráviton) = h / ($\lambda_G \times C_G$), λ_G = 1,15 10^5 m

M(gráviton) = 6,62 10^-34 / (1,15 10^5 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 3,46 10^13

M(gráviton) = 1,91 10^-47 kg

v) Vamos considerar a temperatura de 3.000 K.

T = 3 10^3 K$E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$ = 1,38 10^-23 x 3 10^3 = 4,14 10^-20 J

E_ε = 4,14 10^-20 J, energia do fóton.E_ε = 0,25 ev,

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$; $f_\varepsilon = E_\varepsilon / h$ = 4,14 10^-20 / 6,62 10^-34 = 0,62 10^14

f_ε = 0,62 10^14 Hz

M(fóton) = h / ($\lambda_\varepsilon \times C_\varepsilon$); λ_ε = 4,83 10^-6 m

M(fóton) = 6,62 10^-34 / (4,83 10^-6 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 14,49 10^2 = 0,45 10^-36

M(fóton) = 4,5 10^-37 kg

$E_G = K_{BG} \times T_G$ = 1,78 10^-43 x 3 10^3 = 5,34 10^-40 J

E_G = 5,34 10^-40J, energia do gráviton.

E_G = 3,33 10^-21 ev

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h$ = 5,34 10^-40 / 6,62 10^-34 = 0,80 10^-6

f_G = 0,80 10^-6 Hz

M(gráviton) = h / (λ_G x C_G), λ_G = 3,75 10^14 m

M(gráviton) = 6,62 10^-34 / (3,75 10^14 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 11,25 10^22

M(gráviton) = 5,8 10^-57 kg

vi) Vamos considerar a temperatura del CMB 3 K.

T = 3 K

Eε = K_Bε x Tε = 1,38 10^-23 x 3 = 4,14 10^-23 J

Eε = 4,14 10^-23J, energia do fóton.Eε = 0,00025 ev,

Eε = h x fε; fε = Eε / h = 4,14 10^-23 / 6,62 10^-34 = 0,62 10^11

fε = 0,62 10^11 Hz

M(fóton) = h / (λε x Cε); λε = 4,83 10^-3 m

M(fóton) = 6,62 10^-34 / (4,83 10^-3 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 14,49 10^5 = 0,45 10^-39

M(foto) = 4,5 10^-40 kg

E_G = K_{BG} x T_G = 1,78 10^-43 x 3 = 5,34 10^-43 J

E_G = 5,34 10^-43J, energia do gráviton.

E_G = 3,33 10^-24 ev

E_G = h x f_G; f_G = E_G / h = 5,34 10^-43 / 6,62 10^-34 = 0,80 10^-9

f_G = 0,80 10^-9 Hz

M(gráviton) = h / (λ_G x C_G), λ_G = 3,75 10^17 m

M(gráviton) = 6,62 10^-34 / (3,75 10^17 x 3 10^8) = 6,62 10^-34 / 11,25 10^25

M(gráviton) = 5,8 10^-60 kg

APÊNDICE 10

LEI DO GÁS IDEAL E O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

A lei do gás ideal é a equação de estado do gás ideal, um gás hipotético formado por partículas pontuais sem atração ou repulsão entre elas e cujas colisões são perfeitamente elásticas (conservação de momento e energia cinética). A energia cinética é diretamente proporcional à temperatura em um gás ideal. Os gases reais que mais se aproximam do comportamento do gás ideal são os gases monoatômicos sob condições de baixa pressão e alta temperatura.

A equação de estado, que normalmente descreve a relação entre pressão, volume, temperatura e quantidade (em mols) de um gás ideal é:

- P x V = n x R x T (1)

P = pressão absoluta,

V = Volume,

n = Mol de gás,

R = Constante universal do gás ideal,

T = Temperatura.

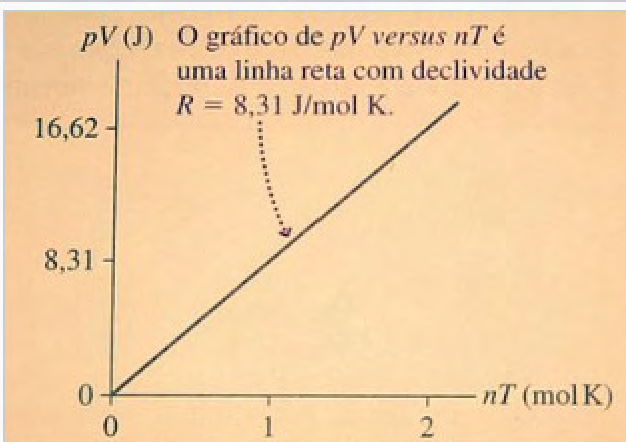


Gráfico de *PV* versus *nT* para um gás ideal. A inclinação da reta é dada pela constante universal dos gases ideais.

Figura 1

TEORIA CINÉTICA MOLECULAR

Essa teoria foi desenvolvida por Ludwig Boltzmann e Maxwell, e nos diz as propriedades de um gás ideal no nível molecular.

- Todo gás ideal é composto de N partículas pequenas (átomos ou moléculas).
- Moléculas gasosas se movem em alta velocidade, de forma reta e desordenada.
- Um gás ideal exerce uma pressão contínua nas paredes do recipiente que o contém, devido às colisões das partículas com suas paredes.
- As colisões moleculares são perfeitamente elásticas. Não há perda de energia cinética.
- As interações de atração e repulsão molecular não são levadas em consideração.
- A energia cinética média da translação de uma molécula é diretamente proporcional à temperatura absoluta do gás.

Sob essas circunstâncias, a equação de estado do gás ideal é descrita teoricamente:

- $P \times V = N \times K_B \times T$ (2)

N = Número de partículas,

K_B = constante de Boltzmann.

Se analisarmos a teoria cinética dos gases, veremos que a Equação (2) se aplica a átomos e moléculas e também a condições normais de pressão, volume e temperatura, ou seja, condições com as quais estamos acostumados a trabalhar, em que partículas pontuais são átomos e moléculas. Agora vamos nos perguntar, o que acontece com a Equação (2) em uma estrela de nêutrons ou em um plasma quark-glúon onde, em ambos os casos, as partículas pontuais não correspondem a átomos ou moléculas?

A seguir, analisaremos essas duas situações:

EQUAÇÃO DE ESTADO DOIS GASES IDEAIS E ESTRELAS DE NÊUTRONS

Idealizando, vamos supor que as estrelas de nêutrons são formadas apenas por nêutrons, ou seja, neste caso as partículas pontuais seriam nêutrons.

A constante de Boltzmann é definida da seguinte forma:

K_B = R/N, onde R = 8,314 J / (K.mol) e N = 6,022 10^23 1/mol

K_B = 1,38 10^-23 J/K

N também é chamado de número de Avogadro e para 1 mol de carbono 12 existem 6,022 10^23 átomos.

Conforme descrito, a constante de Boltzmann é definida para 1 mol de carbono 12 e corresponde a 6,0221 10^23 átomos. Aqui é importante enfatizar que sempre que

usamos a constante de Boltzmann, em todas as aplicações químicas, as dimensões do átomo permanecem constantes, ou seja, não são alteradas.

Na teoria quântica de campos, os átomos não são representados por esferas perfeitas de raio r, como se supunha no início do século XX; mas para fins práticos para realizar os cálculos vamos fazer essa suposição novamente e vamos usar o raio atômico dado na tabela periódica dos elementos químicos.

Vamos considerar o caso das estrelas de nêutrons e supor que a pressão da degeneração dos nêutrons fará com que o átomo C12 tenha as dimensões de um nêutron, neste caso a unidade fundamental não seria os átomos e as moléculas, seriam os nêutrons.

Cálculo do fator de escala da constante de Boltzmann quando trabalhamos ao nível do núcleo atômico (nêutron).

Dc12 = 1,5 10^-8 cm = 1,5 10^-10 m, diâmetro do átomo C12

Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Dn = 0,8 10^-15 m, diâmetro do nêutron.

Rn = 0,4 10^-15 m, raio do nêutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo de C12

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 10^-15)^3 = 0,267 10^-45 m^3, volume do nêutron.

Dn = Vc12 / Vn = 1,76 10^-30 / 0,267 10^-45 = 6,591 10^15.

Dn = 6,59 10^15, fator de escala da constante de Boltzmann para estrelas de nêutrons.

Se considerarmos que inicialmente N eram compostos de átomos de carbono 12 (partículas pontuais), em uma estrela de nêutrons, as partículas pontuais correspondem a nêutrons e o número de partículas pontuais será igual ao fator de escala da constante de Boltzmann multiplicado por N, ou seja, N´ = Dn x N

Dn = fator de correção de escala constante de Boltzmann (aproximado), para estrelas de nêutrons.

Com isso, a equação de estado fica:

P x V = N´x K_B x T

P x V = Dn x N x K_B x T

Agora, se considerarmos que (P x V) / T = cte, e também que:

N aumenta por um fator Dn, então,

A Equação (2) se torna:

- P x V = Dn x N x (K_B/Dn) x T
- P x V = N´x K_{BN} x T

- (P x V) / T = cte, condição para massa constante ou mols constantes.

$K_{BN} = K_B$ / Dn = 1,38 10^-23 / 6,59 10^15

K_{BN} = 0,20 10^-38 J/K, constante aproximada de Boltzmann para uma estrela de nêutrons.

- K_{BN} = 0,20 10^-38 J/K

EQUAÇÃO DE ESTADO DOS GASES IDEAIS E PLASMA DE QUARKS E GLÚONS

Idealizando, vamos supor que em um plasma de quarks e glúons as partículas pontuais são os quarks.

Vamos considerar o plasma de quarks e glúons e supor que em um plasma de quarks e glúons o átomo C12 é levado ao tamanho de um quark.

Rc12 = 0,75 10^-10 m, raio do átomo C12.

Rq = 0,43 10^-18 m, raio do quark.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^-10)^3 = 1,76 10^-30 m^3, volume do átomo de C12.

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^-18)^3 = 0,33 10^-54 m^3, volume de quarks.

Dq = Vc12 / Vq = 1,76 10^-30 / 0,33 10^-54 = 5,33 10^24.

Dq = 5,33 10^24, fator de escala aproximado da constante de Boltzmann, em um plasma de quark-glúon.

Dq = 5,33 10^24.

Se considerarmos que inicialmente os N eram compostos de átomos de carbono 12 (partículas pontuais), em um plasma de quarks e glúons, as partículas pontuais correspondem a quarks e o número de partículas pontuais será igual ao fator de correção de escala da constante de Boltzmann multiplicado por N, ou seja, N´ = Dq x N.

Dq = fator de escala constante de Boltzmann (aproximado), para o plasma quark-gl**ú**on.

Com isso, a equação de estado fica:

P x V = N´x K_B x T

P x V = Dq x N x K_B x T

Se considerarmos que (P x V) / T = cte, e além de cumprir que,

N aumenta por um fator Dq, então:

A Equação (2) se torna:

- P x V = Dq x N x (K_B/Dq) x T
- P x V = N´x K_{BQ} x T
- (P x V) / T = cte, condição para massa constante ou mols constantes.

$K_{BQ} = K_B / Dq$ = 1,38 10^-23 / 5,33 10^24.

K_{BQ} = 0,25 10^-47 J/K, constante de Boltzmann aproximada para um plasma de quark-glúon.

- **K_{BQ} = 0,25 10^-47 J/K.**

Comentários:

Tentamos demonstrar sem rigor que a constante de Boltzmann varia de acordo com o regime em que estamos trabalhando, por exemplo, para uma estrela de nêutrons K_{BN} = 0,20 10^-38 J/K e para um plasma de quarks e glúons K_{BQ} = 0,25 10 ^-47 J/K, aproximadamente.

APÊNDICE 11

OS DOIS ESTADOS DO CAMPO DE HIGGS E O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Quando o Universo tinha muita energia, início do Big Bang, não podíamos distinguir as forças fundamentais e, à medida que o Universo perdia energia, "esfriava", podíamos começar a ver as diferentes forças fundamentais. Tecnicamente dizemos que ocorrem "quebras de simetria" e a cada "quebra" podemos distinguir uma das forças.

A primeira força que pudemos distinguir, que se separou do resto, foi a gravidade. Ela o fez quando o Universo tinha 10^-43 segundos de idade e tinha uma temperatura de 10^32 kelvin (ou energia de 10^19 GeV). Então, se separou do resto, a força nuclear forte quando o Universo tinha 10^-35 segundos de idade e tinha uma temperatura de 10^27 kelvin (ou energia de 10^14 GeV). E mais tarde, embora não muito tempo, elas desacoplaram, separaram, a força nuclear fraca e a força eletromagnética, quando o Universo tinha 10^-12 segundos e tinha uma temperatura de 10^15 graus kelvin, ou energia de 100 GeV (tanto o kelvin quanto o elétron-volt (eV) são unidades de temperatura e energia, respectivamente, comumente usadas em física). Para comparação, o Universo tem atualmente cerca de 4 x 10^17 segundos e cerca de 3 graus kelvin em temperatura ou 10^-4 eV de energia.

A questão agora é: poderíamos ter todas as forças unidas novamente? E a resposta é sim, tudo depende da energia que podemos obter e é por isso que os aceleradores de partículas, capazes de injetar muita energia na matéria, permitem-nos explorar fases muito antigas do Universo, tendo acesso a níveis de energia cada vez mais elevados.

CAMPO DE HIGGS

Ao estudar o campo de Higgs, os físicos teóricos descobriram que o campo de Higgs, que permeia todo o espaço-tempo, existe em dois estados, além do estado conhecido hoje; existe um segundo estado milhares de vezes mais denso chamado estado ultradenso do campo de Higgs. Isso cria um problema potencial, que é a possibilidade de ocorrer uma transição entre os dois estados. Vamos analisar que isso é quase impossível de acontecer.

PRIMEIRO ESTADO DO CAMPO HIGGS:

O campo de Higgs que conhecemos hoje preenche todo o espaço-tempo do nosso universo e é o que dá massa às partículas, por exemplo, quando um elétron se move no campo de Higgs, sua interação com o campo dá a massa ao elétron.

O Bóson de Higgs são as excitações do campo de Higgs, não confunda o campo de Higgs com o Bóson de Higgs.

O campo de Higgs tem um valor no vácuo e corresponde a:

H = 246 GeV (2,85 10^15 K), isso corresponde a uma energia potencial mínima V que dá estabilidade ao nosso universo hoje.

SEGUNDO ESTADO DO CAMPO DE HIGGS – ESTADO ULTRADENSO

De acordo com toda a teoria que desenvolvi nos artigos anteriores, especialmente "*Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann Rev 9.2*", vamos analisar qual seria a única condição física que permitiria a existência do estado ultradenso do campo de Higgs.

Hipótese: proponho que o estado ultradenso do campo de Higgs ocorra dentro de buracos negros. Para demonstrar que é assim, antes de mais nada, vamos relembrar as hipóteses propostas para a criação de um buraco negro.

Hipótese:

Um buraco negro é uma estrela de fluido de plasma de quarks e glúons que atingiu massa crítica e entrou em colapso pela gravidade.

Quando um buraco negro é formado, os campos de força eletromagnética e os campos de força fracos desaparecem, restando apenas os campos de força forte e gravitacional. À medida que um buraco negro cresce, a massa do buraco negro será igual a Ms = Ma – iMr e isso porque a velocidade de alguns glúons é maior que c, ou seja, C_G > 300.000 km/s.

Dissemos que um buraco negro é uma estrela de plasma de quarks e glúons; aqui temos que diferenciar que existem glúons que têm carga e que não podem viajar a uma velocidade maior que c = 300.000 km/s e formariam a massa real Ma que conhecemos. Existem também glúons sem carga, análogos aos fótons que podem viajar mais rápido que c = 300.000 km/s, e são responsáveis pela existência da massa imaginária Mr.

Também usamos como hipótese que o Big Bang nasce da explosão (expansão espaço-tempo) de um buraco negro, desenvolvemos os cálculos matemáticos no artigo escrito "Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann Rev 9,2".

Os parâmetros críticos para formar um buraco negro são os seguintes:

Para um buraco negro estelar:

- T = 10^13 K
- K_B = 1,78 10^-43 J/K
- Mc = 3Ѳ = 6 10^30 kg
- Dε = 10^20 kg/m^3

Para um buraco negro no LHC:

- $T = 10^{13}$ K
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- $m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- $D_\varepsilon = 10^{20}$ kg/m³

Vamos enfatizar que um buraco negro: nasce, cresce e morre.

Com isso, escrevemos as condições para a formação de um buraco negro. À medida que cresce, um buraco negro aumenta sua massa, podemos representá-lo pela seguinte equação Ms = Ma – iMr. Quando o buraco negro chega ao fim, ou seja, morre, produz o Big Bang (buraco branco) que faz com que o espaço-tempo se expanda a uma velocidade $C_G max = 10^{21}$ m/s.

Dentro de um buraco negro, existe o campo de Higgs ultradenso cujo valor corresponde a H = 4,4 10^15 GeV (5 10^26 K), e a única maneira desse campo se expandir por todo o universo seria se o buraco negro morresse, explodisse e produz um Big Bang (buraco branco), depois de um tempo, o universo terá se estabilizado novamente e o campo de Higgs atingirá H = 246 GeV.

H = 4,4 10^15 GeV (5 10^26 K), valor aproximado do campo de Higgs no início do Big Bang.

Existe um ciclo que deve ser cumprido, e é impossível que um efeito seja produzido por tunelamento quântico.

Conclusão:

O campo de Higgs ultradenso, dentro de um buraco negro não é constante e varia da seguinte forma nos seguintes extremos:

H1 = 8,6 GeV (10^13 K), valor mínimo, é produzido quando um buraco negro estelar de três massas solares é formado.

H2 = 4,4 10^15 GeV (5 10^26 K), valor máximo do campo, é o valor que o campo de Higgs leva dentro de um buraco negro quando explode e produz um buraco branco ou Big Bang.

O estado ultradenso do campo de Higgs varia entre os valores de H1 = 8,6 GeV (10^13 K < Higgs ultradenso < H2 = 4,4 10^15 GeV (5 10^26 K); e só se dá no interior dos buracos negros.

O primeiro estado do campo de Higgs está associado ao falso vácuo, o estado ultradenso do campo de Higgs está associado ao vácuo verdadeiro.

Esses cálculos são obtidos a partir da tabela a seguir:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabela 1

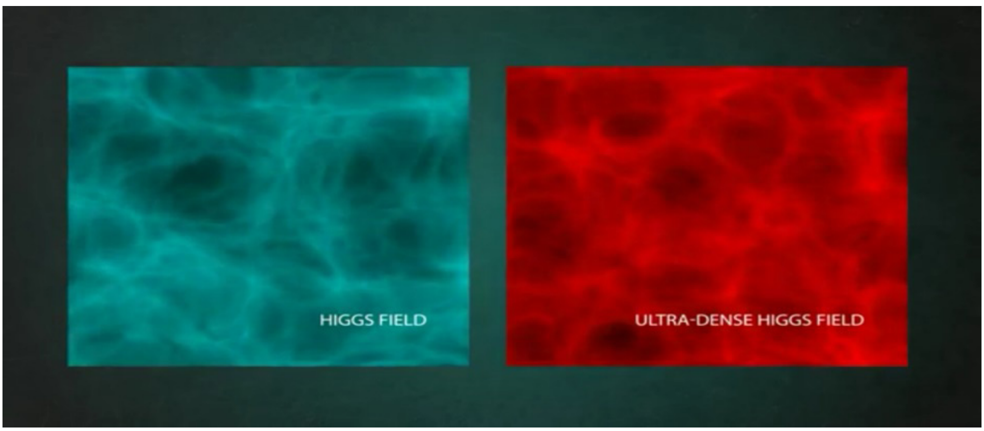


Figura 1: Os dois estados do campo de Higgs.

APÊNDICE 12

CÁLCULO DA ENTROPIA DE UM BURACO NEGRO, ESTRELAS DE NÊUTRONS E ESTRELAS ANÃS BRANCAS

Para realizar os cálculos de entropia de corpos estelares, como estrelas anãs brancas e estrelas de nêutrons ou possivelmente qualquer corpo estelar, primeiro, vamos calcular o buraco negro equivalente do corpo de interesse e, em seguida, usando a fórmula de entropia de um buraco negro, calcularemos o valor da entropia para aquele corpo em questão; Como resultado final, a entropia do corpo de interesse será menor ou igual à entropia de seu buraco negro equivalente. Usando esse mecanismo, podemos estimar o valor aproximado da entropia de qualquer corpo estelar sabendo que ele não pode ser maior que a entropia de seu buraco negro equivalente.

No artigo "*Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann Rev 9.2*", desenvolvemos os cálculos que descrevem o nascimento de um buraco negro até o fim de um buraco negro produzindo o Big Bang, esses cálculos estão na Tabela 1.

Para calcular a entropia de um buraco negro, vamos usar as seguintes informações:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabela 1

	Massa do buraco negro (kg)	Massa do buraco negro (kg)
	6,00 10^30	1,20 10^82
Comprimento característico BH Lg (m)	4,44 10^3	0,89 10^29
Quantização da matéria Lp (m)	1,61 10^-35	1,27 10^-54
Quantização espaço-tempo Lq (m)	3,68 10^-73	1,84 10^-124

Tabela 2

Usando as informações da Tabela 1 e da Tabela 2, vamos calcular a entropia para os seguintes casos:

A) Cálculo de entropia, de um buraco negro de três massas solares.

B) Cálculo da entropia, de um buraco negro no momento do Big Bang.

C) Cálculo de entropia para uma estrela de nêutrons.

D) Cálculo da entropia para uma estrela anã branca.

EQUAÇÃO DA ENTROPIA DE UM BURACO NEGRO:

S = (K_B x A) / 4 Lp^2

A = 4 x π x Rs^2

Rs = (2 x G x M) / C^2

- **S = (4 π K_B x G^2 x M^2) / Lp^2 x C^4 (1)**
- **S = (π x K_B x Rs^2) / Lp^2 (2)**

K_B = Constante de Boltzmann.

G = Constante universal da gravitação.

M = massa do corpo a calcular a entropia.

Lp = Longitude de Planck.

C = Velocidade da luz.

Rs = Raio de Schwarzschild.

Comentários:

Quando aplicamos a fórmula para calcular a entropia de um buraco negro, é importante esclarecer que a constante de Boltzmann utilizada corresponde à constante de Boltzmann de um buraco negro e assume o seguinte valor, K_B = 1,78 10^-43 J/K.

A) CÁLCULO DE ENTROPIA, DE UM BURACO NEGRO DE TRÊS MASSAS SOLARES.

M = 3ϴ = 6 10^30 kg

K_B = 1,78 10^-43 J/K

C = 3 10^8 m/s

Lp = 1,61 10^-35 m

Usamos a seguinte equação para calcular a entropia:

S = (4 π K_B x G^2 x M^2) / Lp^2 x C^4

Substituindo os valores da Tabela 1 e da Tabela 2 temos:

S = 4 x 3,14 x 1,78 10^-43 x 36 10^60 x 44,48 10^-22 / 2,59 10^-70 x 81 10^32

S = 35799,49 10^-5 / 209,79 10^-38

- ***S = 1,70 10^35 J/K***

B) CÁLCULO DA ENTROPIA, DE UM BURACO NEGRO NO MOMENTO DO BIG

BANG

M = 1,20 10^82 kg

K_B = 1,78 10^-43 j/k

C = 3 10^21 m/s

Lp = 1,27 10^-54 m

Rs = 1,59 10^30 m

Substituindo os valores na fórmula da entropia temos:

S = 4 π K_B x G^2 x M^2 / Lp^2 x C^4

S = 4 x 3,14 x 1,78 10^-43 x 1,44 10^164 x 44,48 10^-22 / 1,61 10^-108 x 81 10^84

S = 1431,97 10^99 / 130,41 10^-24

S = 1,098 10^124

- ***S = 1,098 10^124 J/K***

S = π K_B x Rs^2 / Lp^2

S = 3,14 x 1,78 10^-43 x 2,52 10^60 / 1,61 10^-108

S = 14,08 10^17 / 1,61 10^-108

- ***S = 8,74 10^125 J/K***

C) CÁLCULO DE ENTROPIA PARA UMA ESTRELA DE NÊUTRONS.

M = 2,2MΘ = 4,4 10^30 kg

Cálculo do raio de Schwarzschild.

Rs = 2 x G x M / C^2

Rs = 2 x 6,67 10^-11 x 4,4 10^30 / 9 10^16 = 58,69 10^30 / 9 10^16 = 6,52 10^3 m

Rs = 6,52 10^3 m

Cálculo da entropia:

S = π K_B x Rs^2 / Lp^2

S = 3,14 x 1,78 10^-43 x 42,51 10^6 / 2,59 10^-70

S = 237,59 10^-37 / 2,59 10^-70

- ***S = 9,173 10^34 J/K***

D) CÁLCULO DA ENTROPIA PARA UMA ESTRELA ANÃ BRANCA.

M = 1,2 MΘ = 2,4 10^30 kg

Cálculo do raio de Schwarzschild:

Rs = (2 x G x M) / C^2

Rs = 2 x 6,67 10^-11 x 2,4 10^30 / 9 10^16 = 32,016 10^30 / 9 10^16 = 3,55 10^3 m

Rs = 3,55 10^3 m

Cálculo da entropia:

S = π KB x Rs^2 / Lp^2

S = 3,14 x 1,78 10^-43 x 12,60 10^6 / 2,59 10^-70

S = 70,43 10^-37 / 2,59 10^-70

S = 2,719 10^34 J/K

Para finalizar, na Tabela 3, vamos representar um resumo dos cálculos de entropia para diferentes corpos estelares.

	MASSA (KG)	Rs (m)	Entropia (J/K)
ESTRELA ANÃ BRANCA	2,4 10^30	3,55 10^3	2,7 10^34
ESTRELA DE NEUTRON	4,4 10^30	6,52 10^3	9,1 10^34
BURACO NEGRO - 3ϴ SOLAR	6,0 10^30	8,89 10^3	1,7 10^35
BURACO NEGRO - BIG BANG	1,2 10^82	1,59 10^30	8,7 10^125

Tabela 3

APÊNDICE 13

CÁLCULO DA VISCOSIDADE DO PLASMA DE QUARKS-GLÚONS USANDO O FATOR DE ESCALA DA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Para entender como é calculada a viscosidade do plasma quark-glúon e assim poder compará-la com o método holográfico, primeiramente, vamos apresentar um artigo que vamos usar como base para ser capaz de realizar nosso cálculo.

Similarity between the kinematic viscosity of quark-gluon plasma and liquids at the viscosity minimum

Kostya Trachenko[1], Vadim Brazhkin[2], Matteo Baggioli[3]

1 School of Physics and Astronomy, Queen Mary University of London, Mile End Road, London, E1 4NS, UK
2 Institute for High Pressure Physics, RAS, 108840, Troitsk, Moscow, Russia
3 Instituto de Fisica Teorica UAM/CSIC, c/Nicolas Cabrera 13-15, Universidad Autonoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain.
* Corresponding author: mbaggioli@ifae.es

March 22, 2021

Abstract

Recently, it has been found that the kinematic viscosity of liquids at the minimum, ν_m, can be expressed in terms of fundamental physical constants, giving ν_m on the order of 10^{-7} m^2/s. Here, we show that the kinematic viscosity of quark-gluon plasma (QGP) has a similar value and support this finding by experimental data and theoretical estimations. The similarity is striking, given that the dynamic viscosity and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the two systems have disparate interactions and fundamental theories. We discuss the implications of this result for understanding the QGP including the similarity of flow and particle dynamics at the viscosity minimum, the associated dynamical crossover and universality of shear diffusivity.

Contents

1 Introduction

The quark-gluon plasma (QGP) is a state of matter emerging above the deconfinement QCD transition at $T \approx 1.8 \times 10^{12}$ K [1]. It is produced by highly energetic collisions [2–4] and can be thought of as a plasma made of quarks and gluons. The inter-particle interactions in QGP are strong and can not be treated using conventional theoretical methods such as perturbation theory. Flow and viscosity are the properties of QGP which have probably been discussed most [5–12]. More recently, perturbative QCD and data-driven phenomenological approaches [13–18] were used to describe the viscosity of QGP. One indication of this analysis is that viscosity of QGP is temperature-dependent, and that this dependence is important to describe the experimental data.

In condensed matter physics, predicting liquid viscosity from theory and without modelling has not been possible for the same reason related to strong interactions. Liquid viscosity strongly depends on temperature and pressure. Viscosity is additionally strongly system-dependent and is governed by the activation energy barrier for molecular rearrangements, U, which in turn is related to the inter-molecular interactions and structure. This relationship in complicated in general, and no universal way to predict U and viscosity from first principles exists. This is appreciated outside the realm of condensed matter physics [19]. Tractable theoretical models describe the dilute gas limit of fluids where perturbation theory applies, but not dense liquids of interest here [20]. The same problem of strong interactions or, phrased differently, the absence of a small parameter, were believed to disallow a possibility of calculating liquid thermodynamic properties in general form [21]. For example, the theoretical calculation and understanding of the liquid energy and heat capacity has remained a long-standing problem [22] which started to lift only recently when new understanding of phonons in liquids came in [23].

Despite these complications, there is one particular regime of liquid dynamics where viscosity can be calculated in general form and, moreover, expressed in terms of fundamental physical constants. We have recently found [24] that the kinematic viscosity *at its minimum*, ν_m, is

$$\nu_m = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{\sqrt{m_e m}} \tag{1}$$

where m_e and m are electron and molecule masses.

The same Eq. (1) applies to the minimum of another transport property, thermal diffusivity. This is supported by a wide experimental data set [25].

The kinematic viscosity ν is equivalent to the diffusion constant of the shear diffusion mode D_s (transverse momentum diffusivity), and we will be referring to these properties interchangibly in this paper depending on the context. Eq. (1) follows from writing viscosity at the minimum in terms of two UV cutoff parameters, the interatomic separation and Debye vibration period, and subsequently using fundamental relations such as Bohr radius and Rydberg energy setting these UV parameters in condensed matter phases. For atomic hydrogen where m is given by the proton mass m_p, (1) results in the fundamental minimal kinematic viscosity as

$$\nu_m = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{\sqrt{m_e m_p}} \approx 10^{-7}\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \tag{2}$$

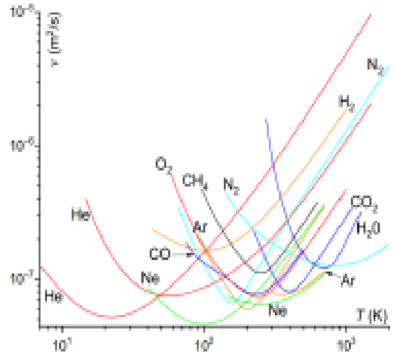


Figure 1: Experimental kinematic viscosity $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ of noble, molecular and network liquids showing minima around $\nu = 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$. ν for H_2, H_2O and CH_4 are shown for pressure $P = 50$ MPa, 100 MPa and 20 MPa, respectively. ν for He, Ne, Ar and N_2 are shown at two pressures each: 20 and 100 MPa for He, 50 and 300 MPa for Ne, 20 and 100 MPa for Ar and 10 and 500 MPa for N_2. The minimum at higher pressure is above the minimum at lower pressure for each fluid. The experimental data of η and ρ are from Ref. [26].

We show the experimental kinematic viscosity for several liquids from Ref. [24] in Fig. 1. The experimental minima in Fig. 1, $\nu_{\mathrm{m}}^{\mathrm{exp}}$, agree with Eq. (1) by a factor 0.5-3 for different liquids [24]. $\nu_{\mathrm{m}}^{\mathrm{exp}}$ are in the range of about

$$\nu_{\mathrm{m}}^{\mathrm{exp}} = (0.5 - 2) \cdot 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}} \tag{3}$$

in agreement with (2).

Here, we show that the kinematic viscosity of the QGP has a value similar to ν in liquids at the minimum and close to $10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$ as in (2) and (3). We use experimental data as well as theoretical estimations to back up this result. The similarity is striking, given that the dynamic viscosity and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the two systems have very different interactions and fundamental theories. We discuss the implications of this result for understanding the QGP including the similarity of flow and particle dynamics at the viscosity minimum, the associated dynamical crossover and universality of shear diffusivity.

2 Kinematic viscosity

We make two preliminary observations which will become useful for the subsequent discussion. First, we recall the dynamics of particles at the minimum of the liquid viscosity where Eq.(1) applies. This minimum is related to the dynamical crossover [23, 27, 28] separating (a) the liquid-like dynamics combining oscillatory and diffusive components of molecular motion where viscosity decreases with temperature and (b) purely diffusive gas-like motion where the

viscosity increases with temperature. The crossover between these two regimes implies that viscosity has a minimum. These minima are experimentally seen in liquids, as illustrated in Fig.1. At the crossover where molecules lose the oscillatory component of motion and continuously move diffusively over distances comparable to an interatomic separation, the viscosity can be evaluated by assuming that the particle mean free path L is approximately equal to the inter-particle distance a. This results in Eq. (1), in agreement with the experimental viscosity minima [24]. This mechanism will become useful in the discussion below. We note that viscosity minimum also appears in a different mechanism involving relativistic hydrodynamics and considering the effects of short-wavelength hydrodynamic fluctuations [29]. The minimum in this picture is related to the breakdown of the hydrodynamics expansion [30]. A minimum for η/s was also discussed in holographic models where it corresponds to a transition between thermal gas background and a big black hole solution at high temperature [31], and in certain nuclear matter models [32,33].

Second, we observe that the minimal viscosity in liquids (1) is consistent with the uncertainty relation. As discussed above, the viscosity at the minimum corresponds to $L = a$ and can be written as $\eta = \rho v a \approx \frac{m}{a^3} v a \approx \frac{pa}{a^3}$, where p is the particle momentum and $\rho \approx \frac{m}{a^3}$ is density. Combining this with the uncertainty relation $pa \geq \hbar$ approximately gives $\eta \geq \frac{\hbar}{a^3}$, or

$$\nu_m \geq \frac{\hbar}{m} \tag{4}$$

Therefore, the uncertainty relation gives a weaker bound on ν as compared to ν_m in (1): $\frac{\hbar}{m}$ in (4) is smaller than ν_m in (1) by a factor $\frac{1}{4\pi}\left(\frac{m}{m_e}\right)^{\frac{1}{2}}$, which is in the range 5–23 for liquids shown in Fig. 2. For atomic hydrogen, Eq. (4) gives the lower bound approximately as

$$\nu_m \geq \frac{\hbar}{m_p} \approx 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}} \tag{5}$$

which is close to the experimental minima in (3).

We note that the uncertainty principle can also be applied to well-defined quasiparticles with a kinetic-theory description.

We now calculate the experimental value of kinematic viscosity of QGP. In a system with conserved number of particles, $\nu = \frac{\eta}{\rho}$, where η is dynamic viscosity and ρ is density. The density can be estimated in several ways. In a non-relativistic system with conserved particle number, $\rho = \frac{1}{c^2}\frac{E}{V}$, where $\frac{E}{V}$ is energy density (see Table (1)). This gives $\rho \approx 5 \cdot 10^{18}$ kg/m^3. We note the earlier discussion that the QGP energy density is not far from the energy density inside nucleons [34] and so the proton density can be used in the order-of-magnitude estimation (all our evaluations corresponds to order-of-magnitude evaluations) as $\rho = \frac{m_p}{a_p^3}$, where m_p and a_p are the proton mass and size. Using the values in Table 1, this estimate gives $\rho \approx 3 \cdot 10^{18}$ kg/m^3, close to the previous estimation, and $\nu \approx 10^{-7}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$ as in (2) and (3).

Noting that the QGP is a relativistic charged fluid described by relativistic hydrodynamics [35], the diffusion constant of the shear diffusion mode D_s (transverse momentum diffusivity), is:

$$\nu \equiv D_s = \frac{\eta}{\chi_{\pi\pi}}, \quad \chi_{\pi\pi} = \epsilon + p \tag{6}$$

where $\chi_{\pi\pi}$ is momentum susceptibility given in terms of the energy density ϵ, p is pressure and we set $c = 1$.

E/V	1 GeV/fm^3 [34]
η	$5\cdot 10^{11}$ Pa$\cdot$ s [8]
m_p	$1.67\cdot 10^{-27}$ kg
a_p	$0.84\cdot 10^{-15}$ m
a	$0.5\cdot 10^{-15}$ m [36]
$T_{\rm QGP}$	$2\cdot 10^{12}$ K [8]

Table 1: Parameters used to estimate the properties of QGP.

Eq. (6), which can be formally derived using relativistic hydrodynamics [35], substitutes the non-relativistic expression $\nu = \eta/\rho$. ν in relativistic and non-relativistic case are identical under the replacement $\rho \to \epsilon + p$. The momentum susceptibility can be written by using the thermodynamic identity:

$$\epsilon + p = sT + \mu q \tag{7}$$

where μ and q are chemical potential and charge density, respectively. In the case of QGP, μ and q are the baryonic chemical potential μ_B and baryon number density B, respectively. In the part of the QCD phase diagram where the QGP is experimentally observed, the baryonic chemical potential is small, $\mu/T \ll 1$, and the second term μq can be neglected, leading to:

$$\chi_{\pi\pi} \approx sT \tag{8}$$

This can be seen as follows. The typical energy density of QGP is about $\epsilon \approx 1$ GeV/fm^3 = 1.6×10^{35} Pa. Assuming an approximate conformal equation of state, we have $\epsilon + p = \frac{4}{3}\epsilon \approx 2.1\times 10^{35}$ Pa. We can compare this value to the r.h.s. of (7), where μ is the baryon chemical potential. Taking the QGP temperature as $T \approx 2\times 10^{12}$ K and using the Kovtun-Son-Starinets (KSS) bound $\eta/s = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{k_B}$ [11, 12] [1](this bound also holds in the presence of finite charge density [37]), we obtain an estimate $sT \approx 1.8\times 10^{35}$ Pa. This implies that the charge corrections are small and $sT \gg \mu q$. In particular, this approximation over-estimates the kinematic viscosity by 14%, which is within our other order-of-magnitude evaluations. In this regard, we recall temperature-dependent uncertainties of shear viscosity of QGP (see, e.g., Ref. [13]) and note that the full knowledge of thermodynamic parameters $(T, \mu_B, \ldots)$ can improve the precision of evaluating $\nu_{\rm QGP}$.

Combining (6) and (8) gives

$$\nu_{\rm QGP} \approx \frac{\eta}{sT} \tag{9}$$

Finally, $\frac{\eta}{s}$ can be evaluated using the experimental value for η/s as [9]:

$$\left.\frac{\eta}{s}\right|_{\rm QGP} \approx \frac{3}{4\pi}\frac{\hbar}{k_B} = 3\left.\frac{\eta}{s}\right|_{\rm KSS} \tag{10}$$

[1] Notice that this holographic computation does not rely on the presence of well-defined quasiparticles. Moreover, the computation can be performed in two independent ways: (I) by calculating directly the transport coefficients via Kubo formulas and (II) by obtaining the dispersion relation of the shear diffusive mode numerically. See Appendix A for details.

where $\frac{\eta}{s}\Big|_{\rm KSS}$ is the KSS bound [11, 12]. This gives

$$\nu_{\rm QGP} \approx \frac{3}{4\pi}\frac{\hbar c^2}{k_{\rm B}T} \tag{11}$$

where we restored c.

We note that Eq. (11) contains the Planckian relaxation time $\tau_{\rm Pl} = \frac{\hbar}{k_{\rm B}T}$ which we will discuss later in the paper. Using the temperature of QGP from Table 1 gives the experimental value of kinematic viscosity of QGP, $\nu^{\rm exp}_{\rm QGP}$, as

$$\nu^{\rm exp}_{\rm QGP} \approx 10^{-7}\frac{\rm m^2}{\rm s} \tag{12}$$

as for liquids at the viscosity minimum in (2) and (3).

Given that the dynamic viscosity η and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the interactions in the two systems and their fundamental theories are very different, the similarity of ν is striking.

The similarity between the kinematic viscosity of liquids at the minimum and QGP viscosity is further illustrated in Fig. 2 where we show ν for a subset of liquids from Fig. 1 for clarity and plot ν as a function of temperature normalised by a characteristic temperature scale. We plot liquid ν as a function of $\frac{T}{T_c}$, where T_c is the temperature of the critical point and $\nu^{\rm exp}_{\rm QGP} \approx 10^{-7}\frac{\rm m^2}{\rm s}$ from Eq. (12) as a function $\frac{T_{\rm QGP}}{T_{\rm cr}}$, where $T_{\rm QGP}$ is given in Table 1 and $T_{\rm cr} = 1.82 \times 10^{12}$ K is the temperature of the QCD chiral crossover [1]. As before, we observe the proximity of $\nu^{\rm exp}_{\rm QGP}$ to the minimum of ν in liquids.

We note that in a system with conserved particle number (a non-relativistic fluid), the viscosity η in Table 1 and $\nu^{\rm exp}_{\rm QGP}$ in (12) correspond to an equivalent density of about $\rho \approx 6.5 \cdot 10^{18}$ kg/m^3 and close to our previous density estimations.

Theoretically, we make two observations about ν of QGP. First, we note that experimental value of kinematic viscosity, $\nu^{\rm exp}_{\rm QGP} \approx 10^{-7}\frac{\rm m^2}{\rm s}$ in (12) is close to $\frac{\hbar}{m_{\rm p}}$ in (5). Recall that (5) was derived for the liquid hydrogen system. In this system, particles setting viscosity are hydrogen atoms whose interaction is due to electromagnetic forces and whose size and interatomic separation are orders of magnitudes larger than those in the system of protons or partons. However, ν is insensitive to the nature of interactions and inter-particle separation in one particular state of the system. This state corresponds to the dynamical crossover where the mean free path L is comparable to the shortest inter-particle spacing a. As discussed earlier and elaborated on in more detail below, this regime corresponds to a very special regime of dynamics and to the dynamical crossover at the Frenkel line [23, 27, 28] where liquid viscosity is close to its minimum. We write viscosity at the crossover, η_c, as $\eta_c \approx \rho v a$, where v is the average velocity of particles and a is inter-particle distance. Using $\rho \approx m/a^3$ gives $\eta = \frac{p}{a^2}$, where p is particle momentum. Estimating p as $p \approx \hbar/a$ from the uncertainty relation gives $\eta = \frac{\hbar}{a^3}$ and ν at the crossover, ν_c, as

$$\nu_c \approx \frac{\hbar}{m} \tag{13}$$

which depends on the particle mass only but not on the inter-particle separation or the nature of interactions. Setting $m = m_{\rm p}$ gives $\nu_c \approx 10^{-7}\ \frac{\rm m^2}{\rm s}$ as in (12).

Second, the same result for ν of about $10^{-7}\ \frac{\rm m^2}{\rm s}$ in Eq. (12) follows from the estimation of the diffusion constant that features in the mean-square displacement of particle motion,

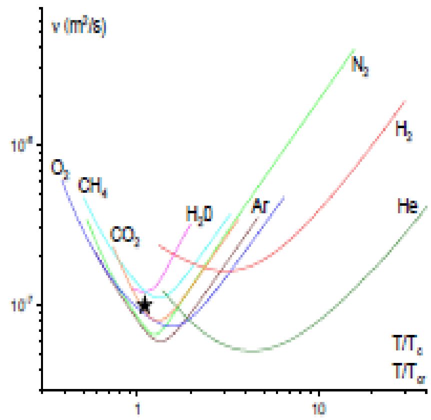


Figure 2: Experimental kinematic viscosity $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ of noble, molecular and network liquids plotted as a function of T/T_c, where T_c is the critical temperature [26]. ν are shown at the following pressures: 20 MPa (Ar), 100 MPa (H_2O), 10 MPa (N_2), 30 MPa (O_2), 20 MPa (CH_4), 50 MPa (H_2), 20 MPa (He) and 30 MPa (CO_2). The star shows $\nu_{\rm QGP}^{\rm exp}$ from Eq. (12) at temperature $T_{\rm QGP}/T_{cr}$, where $T_{\rm QGP}$ is in Table 1 and T_{cr} is the temperature of the QCD chiral crossover $T_{cr} = 1.82 \times 10^{12}$ K [1].

D. We note that D is generally different from D_s in Eq. (6). D coincides with ν and D_s in the gas-like regime of particle dynamics at high temperature where the same momentum transfer mechanism governs both Navier-Stokes and diffusion equations [38] (D and ν are different in the liquid-like regime at low temperature, where viscosity is $\propto 1/D$). At low temperature where particle dynamics combines oscillatory motion and diffusive jumps between quasi-equilibrium positions and where relaxation time τ is the time between these jumps, $D \approx \frac{a^2}{\tau}$ [38] (we note that τ bears no relation to the Israel-Stewart relaxation time τ_π appearing in higher-order relativistic hydrodynamics to overcome the well-known causality problems of the first-order linearised formulation). As temperature increases and τ becomes comparable to the shortest timescale in the system τ_0 (in liquids τ_0 is on the order of Debye vibration period of about 0.1 ps), the oscillatory component of particle motion is lost and particles start moving continuously, corresponding to the dynamical crossover discussed above and the Frenkel line [23, 27, 28]. At the crossover, $D \approx \frac{a^2}{\tau_0}$. The same result follows for the kinematic viscosity $\nu_c = va$ in the regime $L = a$ at the dynamical crossover if v at the crossover is written as $v \approx \frac{a}{\tau_0}$. Approximating the inter-parton distance $a = 0.5$ fm [36] by a_p gives $D = \nu_c \approx \frac{a_p^2}{\tau_0}$. If we relate the shortest timescale τ_0 to the Planckian relaxation time [39]:

$$\tau_{\rm Pl} = \frac{\hbar}{k_B T} \tag{14}$$

we find

$$D = \nu_c = \frac{a_p^2}{\hbar} k_{\rm B} T_{\rm QGP} \tag{15}$$

The timescale $\tau_{\rm Pl}$ was related to several fundamental physical phenomena, including the linear resistivity of strange metals [40], universal bounds on quantum chaos [41], bounds on diffusion [42–44], SYK model [45], magic bilayer graphene [46], black holes [47] and holography [48]. $\tau_{\rm Pl}$ can also appear in transport properties using semi-classical microscopic physical arguments.[2] This is different to the AdS-CFT approach where this timescale emerges from emergent IR criticality [49] and which contrasts experimental results [50] of Planckian transport in high-temperature thermal conductivity where phonons behave classically.

Using the temperature of QGP (see Table 1) gives D in (15) as $D \approx 10^{-7}{\rm m}^2/{\rm s}$ as in (12).

A very small relaxation time $\tau_{\rm Pl} = \frac{\hbar}{k_B T_{\rm QGP}} \approx 0.4 \cdot 10^{-23}$ s interestingly contrasts with large experimental viscosity of QGP, $\eta_{\rm QGP} = 5 \cdot 10^{11}$ Pa·s, which is close to liquid viscosity at the liquid-glass transition. In liquids, this viscosity corresponds to liquid relaxation time $\tau_l = 50-500$ s, as follows from using the Maxwell relation $\eta = G\tau$ and a typical high-frequency liquid shear modulus $G = 1 - 10$ GPa. τ_l is close to that of the solid glass around the liquid-glass transition and is about 15-16 orders of magnitude larger than the shortest time scale of the system given by the Debye vibration period τ_0 on the order of 0.1 ps. Applying the Maxwell relation to QGP, $\eta_{\rm QGP} = G\tau_{\rm Pl}$, gives $G \approx 10^{35}$ Pa. Combining it with $G = \chi_{\pi\pi} v^2$, where we neglected pressure in the relativistic case as before, and using $\chi_{\pi\pi}$ from above gives the transverse speed of sound v close to the speed of light.

Therefore, in condensed matter terms, the QGP is an ultra-dense matter with relativistic speed of excitations but familiar kinematic viscosity close to that in liquids at the minimum and dynamic viscosity close to the system at the liquid-glass transition.

[2] We thank Jan Zaanen for pointing this out.

3 Discussion

3.1 Universality

We now discuss the implications of these results. We first note that kinematic viscosity of liquids at the minimum ν_m in Eq. (1) does not depend on the electron charge setting the energy of electromagnetic interactions in liquids and the inter-particle separation. These two parameters cancel out in the calculation involving the Rydberg energy and Bohr radius [24]. Another way to see why the charge and inter-particle separation do not feature in ν_m is to recall that $\nu_m \propto Ea^2$, where E, the characteristic energy of electromagnetic interaction, can be written as $E = \frac{\hbar^2}{2m_e a^2}$ using the uncertainty principle and observe that ν_m depends on particle mass only [24]. This implies that ν_m applies to systems with different types of inter-particle interactions and distances.

We also observe that Eq. (13) with $m = m_p$ gives the same result for the liquid hydrogen at the viscosity minimum and for the QGP. This intriguingly implies that useful insights into dynamical and transport properties of the QGP can be gained using the concepts from condensed matter systems such as ordinary liquids, despite different interactions and different fundamental theory governing the QGP.

Second, the similarity of the kinematic viscosity of liquids at the minimum and $\nu_{\rm QGP}^{\epsilon-T}$ implies similar flow dynamics. In the non-relativistic case, the shear velocity field is governed by Navier-Stokes equation $\rho\frac{Dv}{Dt} = \eta\nabla^2 v$, which depends on $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ only. ν also features in the Reynolds number, which governs the dynamical similarity of flows. In the relativistic hydrodynamics relevant to the QGP, the dynamics of shear modes comes from the conservation of the stress energy tensor [35]: $\partial_\mu T^{\mu\nu} = 0$, resulting in the diffusive motion for the shear modes as $\omega_s = -iD_s k^2$, with the difference that in the relativistic case $D_s = \frac{\eta}{\epsilon+p}$ rather than $D_s = \frac{\eta}{\rho}$. As discussed above, the two diffusion constants are approximately similar in the range of QGP parameters.

The last point suggests the universality of D_s in terms of its applicability to both relativistic and non-relativistic systems as discussed earlier. Indeed, it was suggested [42] that ν, or transverse momentum diffusivity D_s, is a universal property in a sense that it applies to both relativistic and non-relativistic cases, generalizing the previous discussion of relativistic bounds [11] used to discuss the properties of QGP and other systems. The quantitative similarity of ν_m of two vastly different systems found here supports this view.

3.2 Dynamical crossover at the Frenkel line

In deriving (13) and (15), we assumed that the mean free path is about the same as the inter-particle distance or $\tau \approx \tau_0$. From the condensed matter perspective, this corresponds to a particular regime of particle dynamics of liquids and a particular line on the phase diagram. In this regime, the system is outside the low-temperature regime where particles have a combined oscillatory and diffusive motion and where viscosity *decreases* with temperature and varies by 16 orders of magnitude (relaxation time varies between 10^3 s at the glass transition and about 0.1 ps at high temperature). The system is also outside the gas-like regime where the mean free part exceeds inter-particle separation and viscosity *increases* with temperature and becomes infinite in the ideal-gas limit [8]. Instead, the liquid is finely tuned to be in between these two regimes and at the *crossover* between the liquid-like and gas-like motion where the oscillatory motion is just lost and the particle mean free path is comparable to the inter-

atomic separation and where viscosity has minima as in Fig. 2. The crossover corresponds to the Frenkel line on the phase diagram separating gas-like and liquid-like states of liquids and supercritical fluids [23,27,28]. We note that although viscosity minima in Fig. 1 and 2 is due to the crossover between the liquid-like and gas-like particle motion, the temperature and pressure of the viscosity minimum may depend on the path taken on the phase diagram [23]).

In addition to the minima of kinematic viscosity [24] and thermal diffusivity [25], the crossover at the Frenkel line has important implications for collective modes and thermodynamic properties. At the Frenkel line, liquid relaxation time becomes comparable to shortest Debye vibration period [23,27,28]. This implies that the k-gap which emerges in the transverse phonon spectrum becomes close to the largest wavevector set by the interatomic separation in the system (UV cutoff). As a result, all transverse waves disappear from the spectrum [23,51]. This disappearance corresponds to a special value of specific heat of $c_v = 2k_B$ in the harmonic classical case.

Guided by theoretical prediction, subsequent experiments have confirmed the transition at the Frenkel line in supercritical Ne [52], CH_4 [53], N_2 [54], C_2H_6 [55] and CO_2 [56] using X-ray, neutron and Raman scattering techniques.

In view of current interest and experiments to ascertain the critical point of QGP as well as supercritical behavior of QGP, it is interesting to explore to what extent the dynamical crossover at the Frenkel line applies to the QGP phase diagram.

Having made the assumption that the system is at the dynamical crossover, we found that (a) the calculated ν of QGP is close to the experimental value of $\nu_{\rm QGP}^{\rm exp}$ in (12) and (b) these values are close to both experimental and theoretical kinematic viscosity in liquids at the minimum ν_m. This similarity gives an insight into the dynamics of QGP at experimental conditions. The analogy with liquids, if appropriate to pursue further, would indicate that the currently measured QGP is interestingly close to the *dynamical crossover* between the liquid and gas-like states. The analogy with liquids would also indicate that future experiments at higher energy may lift the system from the dynamical crossover into the gas-like regime, corresponding to the increase of fluid viscosity in Fig. 2, and will detect a viscous response consistent with gas-like dynamics. In fluids, this regime starts to the right from the minima in Fig. 2.

We note that sufficiently close to the minima and dynamical crossover, the system is dense, strongly-interacting and non-perturbative, with accompanying problems of theoretical description. Hence the insights regarding the dynamical crossover may be useful and can be further explored in lattice calculations.

Acknowledgements

We thank K. Behnia, A. Buchel, S. Cremonini, S. Hartnoll, K. Landsteiner, P. Romatschke, K. Schalm and J. Zaanen for fruitful discussions and interesting comments. K. T. thanks EPSRC for support. M. B. acknowledges the support of the Spanish MINECO's "Centro de Excelencia Severo Ochoa" Programme under grant SEV-2012-0249.

A Kinematic viscosity from holography

The kinematic viscosity of a fluid corresponds to its transverse momentum diffusion constant, which in a relativistic system is [35]:

$$D_s = \frac{\eta}{\chi_{\pi\pi}} \tag{16}$$

where $\chi_{\pi\pi} = \epsilon + p$ is momentum susceptibility.

In a neutral relativistic fluid $\epsilon + p = sT$, giving:

$$\nu = D_s = \frac{\eta}{s\,T} \tag{17}$$

which is exact in a neutral system.

In the presence of background charge density, the momentum susceptibility is modified, and the kinematic viscosity becomes

$$\nu = \frac{\eta}{sT + \mu\rho} \tag{18}$$

with μ, ρ the chemical potential and charge density. Since both these quantities are positive, the kinematic viscosity in a charged fluid is always smaller than in a neutral fluid.

These observations can be verified using the holographic framework [57, 58]. Kinematic viscosity in holography can be calculated in two different ways:

1. by using the Kubo formula for viscosity

$$\eta = -\lim_{\omega\to 0} \frac{1}{\omega} \langle T_{xy} T_{xy} \rangle (\omega, k = 0) \tag{19}$$

and extracting the energy density and pressure from the thermodynamic data corresponding to the thermal black hole geometry;

2. by direct numerical computation of the shear diffusion mode with dispersion relation $\omega = -iD_s k^2 + \ldots$.

The two methods give the same result consistent with the formal discussion above. In Fig. 3, we show an example of the results obtained in holography using a Reissner-Nordstrom charge black hole background.

Agora que apresentamos o artigo científico que vamos usar como base, nossa referência, vamos iniciar nosso cálculo de viscosidade.

Usando as fórmulas encontradas no artigo científico temos:

ɲ = Viscosidade de corte ou cisalhamento.

VQGP = Viscosidade cinemática.

VQGP = (3 x h x c^3) / (4 x π x K_B x T) (1)

ɲ / S = VQGP x T (2)

Essas são as fórmulas que vamos usar para calcular a viscosidade.

Neste livro, levantamos a hipótese de que os buracos negros são constituídos por

um plasma de quarks e glúons, em uma configuração especial, e levando em conta essas hipóteses, vamos realizar os seguintes cálculos com o auxílio da tabela a seguir:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabela 1

A) CÁLCULO DA VISCOSIDADE DO PLASMA DE QUARKS E GLÚONS

i) K_B = 1,78 10^-43 J/K

VQGP = (3 x h x c^2) / (4 x π x K_B x T x (2 x π)), ħ = h / (2xπ)

c = 3 10^8 m/s

T = 10^13 K

h = 6,62 10^-34 (m^2 x kg) / s

VQGP = (3 x 6,62 10^-34 x 9 10^16) / (4 x 3,14 x 1,78 10^-43 x 10^13 x (2 x 3,14)) =

VQGP = (178,74 10^-18) / (140,40 10^-30)

VQGP = 1,27 10^12

ɲ/s = VQGP x T; Aplicando a seguinte fórmula, temos:

ɲ/s = 1,27 10^12 x 10^13 = 1,27 10^25

ɲ/s = 1,27 10^25; relação viscosidade-entropia.

i) Para K_B = 1,38 10^-23 J/K.

VQGP = (3 x h x c^2) / (4 x π x K_B x T x (2 x π))

c = 3 10^8 m/s

h = 6,62 10^-34 (m^2 x kg) / s

VQGP = (3 x 6,62 10^-34 x 9 10^16) / (4 x 3,14 x 1,38 10^-23 x 10^13 x 2 x 3,14) =

VQGP = (178,74 10^-18) / (108,84 10^-10)

VQGP = 1,64 10^-8

ɲ/s = VQGP x T; Aplicando a seguinte fórmula, temos:

ɲ/s = 1,64 10^-8 x 10^13 = 1,64 10^5

ɲ/s = 1,64 10^5, relação viscosidade-entropia.

B) CÁLCULO DA VISCOSIDADE DO PLASMA DE QUARKS E GLÚONS DE UM BURACO NEGRO QUE VAI EXPLODIR E PRODUZIR O BIG BANGUsamos a fórmula número (1) e os dados da Tabela 1.

ii) Para K_B = 1,78 10^-43 J/K

VQGP = (3 x h x c^2) / (4 x π x K_B x T x (2 x π)), ħ = h / (2 x π)

c = 3 10^21 m/s

T = 10^26 K

h = 6,62 10^-34 (m^2 x kg) / s

VQGP = (3 x 6,62 10^-34 x 9 10^42) / (4 x 3,14 x 1,78 10^-43 x 10^26 x (2 x 3,14))

VQGP = 1,22 10^25

ɲ/s = VQGP x T; Aplicando a seguinte fórmula, temos:

ɲ/s = 1,22 10^25 x 10^26 = 1,22 10^51

ɲ / s = 1,22 10^51; relação viscosidade-entropia.

iii) Para K_B = 1,38 10^-23 J/K.

VQGP = (3 x h x c^2) / (4 x π x K_B x T x (2 x π))

c = 3 10^21 m/s

T = 10^26 K

h = 6,62 10^-34 (m^2 x kg) / s

VQGP = (3 x 6,62 10^-34 x 9 10^42) / (4 x 3,14 x 1,38 10^-23 x 10^26 x (2 x 3,14))

VQGP = (178,74 10^8) / (108,84 10^3)

VQGP = 1,64 10^5

ɲ/s = VQGP x T; Aplicando a seguinte fórmula, temos:

ɲ / s = 1,64 10^31, relação viscosidade-entropia.

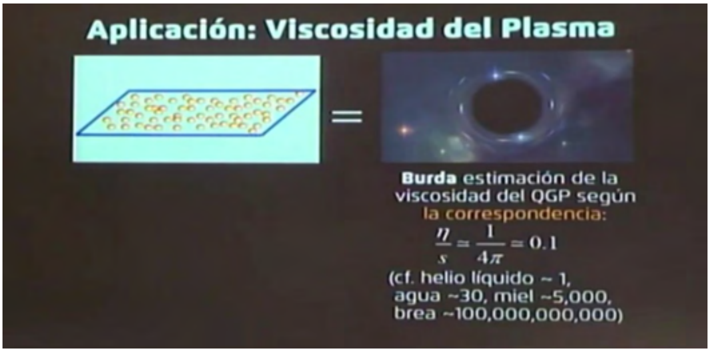


Figura 1

Comentários:

Se observarmos a Figura 1, veremos que a viscosidade do QGP, pelo método holográfico, é ɲ/s = 0,1; menos que o hélio líquido (superfluido) e menos que a água. Nós nos perguntamos, esse valor está correto? Será que um buraco negro com densidade de aproximadamente 10^21 kg/m^3, densidade semelhante à do plasma QGP, se comporta como um superfluido cuja viscosidade é menor que a do hélio líquido.

Na página 187 deste livro, a temperatura crítica para o condensado de Bose-Einstein de átomos de rubídio foi calculada para os seguintes valores constantes de Boltzmann, K_B = 1,38 10^-23 J/K e K_B = 1, 78 10^-43 J/K, ambos os valores constantes de Boltzmann indicam que existem dois tipos de temperaturas que permitem a criação de um condensado de Bose-Einstein:

- Tc, min = 170 10^-9 K, temperatura crítica mínima do condensado de Bose--Einstein para baixas temperaturas, com átomos de rubídio.
- Tc, máx = 0,95 10^13 K, temperatura crítica máxima do condensado de Bose--Einstein para altas temperaturas com átomos de rubídio.

Nesse ponto, temos que esclarecer que um buraco negro é um plasma QGP, um condensado de Bose-Einstein de alta temperatura no qual os quarks se comportam como se fossem livres, gerando uma cascata de glúons de energia infinita, formando o estado da matéria mais energética que existe.



Figura 2

Se olharmos novamente para a Figura 1, vemos que a viscosidade ɲ/s = 10^11 para brea, em nosso cálculo em A), para um buraco negro de 3 massas solares, uma densidade de aproximadamente 10^21 kg/m^3, o valor da viscosidade é da ordem de ɲ/s = 10^25; interpreto que esse valor está mais de acordo com a realidade, é o valor correto, levando em conta densidade e entropia.

Vamos tentar entender por que o comportamento do plasma de quarks e glúons se assemelha ao de um superfluido. Se lembrarmos como geramos o fator de escala da constante de Boltzmann – pois a matéria ganha energia e passa pelos estados de uma anã branca, estrela de nêutrons até formar um plasma QGP – vemos que a constante de Boltzmann muda de K_B = 1,38 10^-23 J/K para 1,78 10^-43 J/K; isso nos dá uma ideia de como a massa é concentrada (ganhando energia), e como o espaço-tempo vai curvando-se. Essa curvatura do espaço-tempo é proporcional à quantidade de energia ganha pela massa e podemos compará-la a uma mola que é comprimida.

Quando produzimos o QGP em um acelerador de partículas, o plasma quark-glúon tem uma energia armazenada mas esse estado não é estável, e neste momento o QGP tem uma constante de Boltzmann aproximada K_B = 1,78 10^-43 J/K. Para que o espaço-tempo curvo e a matéria retornem ao seu estado estável, a constante de Boltzmann deve ir de K_B = 1,78 10^-43 J/K para 1,38 10^-23 J/K, ou seja, neste ponto toda a energia armazenada na mola comprimida é liberada até atingir seu estado natural, ou seja, até que a constante de Boltzmann atinja o valor de K_B = 1,38 10^-23 J/K. É essa energia que faz o QGP parecer um superfluido, mas na realidade se considerarmos o fator de escala da constante de Boltzmann veremos que ŋ/s = 1,27 10^25 (relação viscosidade-entropia). As energias envolvidas neste processo são muito grandes.

Não consigo imaginar, como algo que tem uma densidade da ordem de 10^21 kg/m^3 se comporta como um superfluido com uma viscosidade menor que a do hélio líquido.

Possivelmente, na constante de Boltzmann K_B está a resposta para o valor errado dado pelo método holográfico para calcular a viscosidade do QGP, ŋ/s = 0,1; deixo ao leitor suas próprias conclusões.

APÊNDICE 14

INTERAÇÃO DE QUARKS E GLÚONS – INTERPRETAÇÃO FÍSICA PESSOAL

Nesta seção do livro, explicaremos como quarks e glúons estão relacionados dentro de um próton, nêutron, bárion Δ e buracos negros.

Vamos esclarecer que essa interpretação está fora da teoria formal dos quarks e glúons (QCD), é totalmente pessoal.

1) INTERAÇÃO DE QUAKS E GLÚONS EM UM PRÓTON E NÊUTRONHipótese 1: Se considerarmos um próton, UUD, vamos supor que a interação entre os quarks dentro de um próton é realizada através dos antiquarks, como mostra a figura a seguir.

RBG
UUD
ŪŪĎ
$R^{-}B^{-}G^{-}$

Figura 1

Com base na Figura 1, na qual são mostrados quarks, antiquarks e glúons, vamos determinar as seguintes relações:

Interação 2: UŪ, UĎ, UŪ, UĎ, DŪ e DŪ = 2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interação 1: UŪ, UŪ e DĎ = 2UŪ + DĎ = 98

Se considerarmos os glúons, essas interações podem ser representadas na figura a seguir:

CARGA	PROTON = 1										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUD		U	U	D		U	U	U	U	D	D
ŪŪĎ		Ū	Ū	Ď		Ū	Ď	Ū	Ď	Ū	Ū
$R^{-}B^{-}G^{-}$		R^{-}	B^{-}	G^{-}		B^{-}	G^{-}	R^{-}	G^{-}	R^{-}	B^{-}
m(Mev/c^2)	938	98				840					
		32,33	32.33	33,33		140	140	140	140	140	140

Figura 2

Agora, vamos explicar como quarks e glúons estão relacionados dentro de um nêutron.

Hipótese 2: se considerarmos um nêutron, UDD, vamos supor que a interação entre

os quarks dentro de um nêutron é realizada através dos antiquarks, como mostra a figura a seguir.

RBG
UDD
ŪĎĎ
$R^-B^-G^-$

Figura 3

Com base na Figura 3, na qual são mostrados quarks, antiquarks e glúons, vamos determinar as seguintes relações:

Interação 2: UĎ, UĎ, DŪ, DĎ, DŪ e DĎ = 2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interação 1: UŪ, DĎ e DĎ = 2DĎ + UŪ = 99

Se considerarmos os glúons, essas interações podem ser representadas na figura a seguir:

CARGA	NEUTRON = 0										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
ŪĎĎ		Ū	Ď	Ď		Ď	Ď	Ū	Ď	Ū	Ď
$R^-B^-G^-$		R^-	B^-	G^-		B^-	G^-	R^-	G^-	R^-	B^-
m(Mev/c^2)	939	99				840					
		32,33	33,33	33,33		140	140	140	140	140	140

Figura 4

Levando em conta a Figura 2 e a Figura 4, ou seja, a interação entre quarks e glúons, vamos gerar as seguintes equações:

Para o próton:

UUD
ŪŪĎ

UŪ + UŪ + UĎ + UŪ + UŪ +UĎ + DŪ +DŪ + D

2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2UŪ + DĎ = 98

Para o nêutron:

UDD
ŪĎĎ

UŪ + UĎ + UĎ + DŪ + DĎ + DĎ + DŪ + DĎ + DĎ

2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2DĎ + UŪ = 99

Tendo em conta que:

mp = 938 MeV/c^2, massa de prótons.

mn = 939 MeV/c^2, massa de nêutrons.

mπ (+/-) = 140 MeV/c^2, massa de píon (+/-).

mπ (°) = 135 MeV/c^2, massa do píon neutro.

π (+) = UĎ

π (-) = DŪ

π (°) = UŪ + DĎ

2UŪ + DĎ = 98

2DĎ + UŪ = 99

DĎ = 98 - 2UŪ

2(98 – 2UŪ) +UŪ = 99

196 – 4UŪ + UŪ = 99

3UŪ = 196 – 99 = 97

UŪ = 32,33 MeV/c^2

DĎ = 98 – 2UŪ

DĎ = 98 – 64,66

DĎ = 33,33 MeV/c^2

Se analisarmos a seguinte equação e observarmos a Figura 2 e a Figura 4, temos:

2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

UŪ = 140 MeV/c^2

UĎ = 140 MeV/c^2

DŪ = 140 MeV/c^2

Se olharmos para os valores de UŪ e DĎ para a Interação 1, vemos que eles são diferentes dos valores dados de UŪ e DĎ para a Interação 2 e isso se deve à interação com os glúons.

Vamos analisar isso nas figuras a seguir:

Interação 2:

SEQUÊNCIA DE TROCA DE GLUON EM UM PRÓTON															
	1	R B¯	R B¯	G¯ B	R G¯	R¯ B	B G¯	R¯ G	B R¯	B¯ G	G R¯	B¯ R	G B¯	G¯ R	R B¯
		U Ū	U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū
	2	R G¯	R G¯	R¯ B	B G¯	R¯ G	B R¯	B¯ G	G R¯	B¯ R	G B¯	G¯ R	R B¯	G¯ B	R G¯
		U Ď	U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď
RBG															
UUD	4	B R¯	B G¯	R¯ G	B R¯	B¯ G	G R¯	B¯ R	G B¯	G¯ R	R B¯	G¯ B	R G¯	R¯ B	B G¯
ŪŪĎ		U Ū	U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď
R¯B¯G¯															
	3	B G¯	B R¯	B¯ G	G R¯	B¯ R	G B¯	G¯ R	R B¯	G¯ B	R G¯	R¯ B	B G¯	R¯ G	B R¯
		U Ď	U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū
	5	G R¯	G R¯	B¯ R	G B¯	G¯ R	R B¯	G¯ B	R G¯	R¯ B	B G¯	R¯ G	B R¯	B¯ G	G R¯
		D Ū	D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū
	6	G B¯	G B¯	G¯ R	R B¯	G¯ B	R G¯	R¯ B	B G¯	R¯ G	B R¯	B¯ G	G R¯	B¯ R	G B¯
		D Ū	D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū

Figura 5

Interação 1:

R R¯	R¯ R	R R¯	2	U Ū
U Ū		U Ū		
			1	D Ď
B B¯	B¯ B	B B¯		
U Ū		U Ū		
G G¯	G¯ G	G G¯		
D Ď		D Ď		

Figura 6

Se observarmos a Figura 5, veremos que os quarks estão relacionados por meio de glúons que, embora não tenham massa, vemos que possuem carga. Agora, se analisarmos as interações dos quarks na Figura 6, veremos que eles estão relacionados a glúons que não possuem massa e carga, são análogos aos fótons e esses glúons são os que se tornam relevantes no caso dos buracos negros.

R	ROJO
B	AZUL
G	VERDE
R^-	ANTI-ROJO
B^-	ANTI-AZUL
G^-	ANTI-VERDE

U	QUARK UP
Ū	ANTI-QUARK UP
D	QUARK DOWN
Ď	ANTI-QUARK DOWN

Figura 7

MATERIA

RR	RB	RG
BR	BB	BG
GR	GB	GG

ANTIMATERIA

R^-R^-	R^-B^-	R^-G^-
B^-R^-	B^-B^-	B^-G^-
G^-R^-	G^-B^-	G^-G^-

Figura 8

INTERAÇÕES DOS GLUONES
É UMA MATRIX, 9 COMBINAÇÕES

	R	B	G
R^-	RR^-	BR^-	GR^-
B^-	RB^-	BB^-	GB^-
G^-	RG^-	BG^-	GG^-

Figura 9

2) INTERAÇÃO DE QUAKS E GLÚONS – BARION Δ

Nome:	Simbolo:	Quark constituinte:	massa em repouso (MeV/c²)	I	J^P	Q (e)	S	C	B'	T	vida média (s)	geralmente decai para:
Delta	Δ^{++}	uuu	1232 ± 1	3/2	$3/2^+$	2	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	Próton + Pion(positivo)
Delta	Λ^{+}	uud	1232 ± 1	3/2	$3/2^+$	1	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	pion e próton ou pion e nêutron
Delta	Λ°	udd	1232 ± 1	3/2	$3/2^+$	0	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	pion e nêutron ou pion e próton
Delta	Λ^{-}	ddd	1232 ± 1	3/2	$3/2^+$	-1	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	nêutron e pion

Figura 10

Hipótese 3: A interação dos quarks no Bárion Δ++ = 2, Δ+ = 1, Δ° = 0 e Δ^{-} = -1, também é realizada através dos antiquarks, da mesma forma que acontece no próton e no nêutron, como é mostrado nas figuras a seguir.

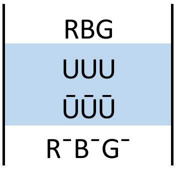


Figura 11, Bárion Δ++ = 2.

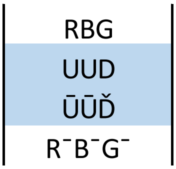


Figura 12, Bárion Δ+ = 1.

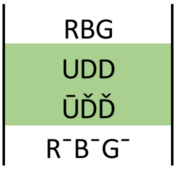


Figura 13, Bárion Δ° = 0.

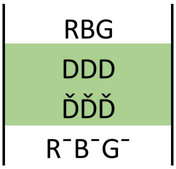


Figura 14, Bárion Δ^{-} = -1.

Para realizar os cálculos a seguir, usaremos os valores da tabela da Figura 10.

Com base na Figura 12, Bárion Δ+ = 1, na qual são mostrados quarks, antiquarks e glúons, vamos determinar as seguintes relações:

Interação 2: UŪ, UĎ, UŪ, UĎ, DŪ e DŪ = 2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interação 1: UŪ, UŪ e DĎ = 2UŪ + DĎ = 392

Com base na Figura 13, Bárion Δ° = 0, na qual são mostrados quarks, antiquarks e glúons, vamos determinar as seguintes relações:

Interação 2: UĎ, UĎ, DŪ, DĎ, DŪ e DĎ = 2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interação 1: UŪ, DĎ e DĎ = 2DĎ + UŪ = 392

Tendo em conta que:

m (Δ+ = 1) = 1232 MeV/c^2, massa de bárions.

m (Δ° = 0) = 1232 MeV/c^2, massa de bárions.

mπ (+/-) = 140 MeV/c^2

mπ (°) = 135 MeV/c^2

π (+) = UĎ

π (-) = DŪ

π (°) = UŪ + DĎ

Fazemos o seguinte cálculo:

2UŪ + DĎ = 392

2DĎ + UŪ = 392

DĎ = 392 – 2UŪ

2(392 – 2UŪ) + UŪ = 392

784 – 4UŪ + UŪ = 392

3UŪ = 784 – 392 = 392

UŪ = 130,66 MeV/c^2

DĎ = 392 – 2UŪ

DĎ = 392 – 261,33

DĎ = 130,66 MeV/c^2

2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

UŪ = 140 MeV/c^2

UĎ = 140 MeV/c^2

DŪ = 140 MeV/c^2

Com esses cálculos vamos determinar o nível de energia nas interações de quarks e glúons no Bárion Δ, que vamos representar nos gráficos a seguir:

CARGA	Δ++ = 2										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUU		U	U	U		U	U	U	U	U	U
ŪŪŪ		Ū	Ū	Ū		Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 15, Bárion Δ++ = 2.

CARGA	Δ+ = 1										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUD		U	U	D		U	U	U	U	D	D
ŪŪĎ		Ū	Ū	Ď		Ū	Ď	Ū	Ď	Ū	Ū
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 16, Bárion Δ+ = 1.

CARGA	Δ° = 0										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
ŪĎĎ		Ū	Ď	Ď		Ď	Ď	Ū	Ď	Ū	Ď
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 17, Bárion Δ° = 0.

CARGA	Δ¯ = -1										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
DDD		D	D	D		D	D	D	D	D	D
ĎĎĎ		Ď	Ď	Ď		Ď	Ď	Ď	Ď	Ď	Ď
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 18, Bárion Δ¯ = -1.

3) INTERAÇÃO DE QUAKS E GLÚONS – BURACOS NEGROS

Hipótese 4: Em um buraco negro, a interação dos quarks não ocorre através dos antiquarks; temos que lembrar que os quarks agem livremente, eles se comportam como um quark isolado, produzindo uma cascata de glúons de energia infinita. Podemos representar isso na figura a seguir:

RBG
UDD
UDD
RBG

Figura 19, buraco negro.

Em analogia ao que foi feito com prótons, nêutrons ou bárion Δ, podemos representar as interações em um buraco negro na figura a seguir:

CARGA	BH										
		INTERACCION 1				INTRACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
UDD		U	D	D		D	D	U	D	U	D
RBG		R	B	G		B	G	R	G	R	B

Figura 20

INTERACCION 1		
RR UU	RR¯	RR UU
BB DD	BB¯	BB DD
GG DD	GG¯	GG DD

Figura 21

		INTERACCION 2												
		RB UD	GB¯	RG UD	R¯B	BG UD	RG¯	BR UD	B¯G	GR UD	BR¯	GB UD	G¯R	RB UD
		RG UD	R¯B	BG UD	RG¯	BR UD	B¯G	GR UD	BR¯	GB **UD**	G¯R	RB UD	GB¯	RG UD
RBG UDD UDD RBG		BG DD	RG¯	BR DD	B¯G	GR DD	BR¯	GB DD	G¯R	RB DD	GB¯	RG DD	R¯B	BG DD
		BR DU	B¯G	GR DU	R¯B	GB DU	G¯R	RB DU	GB¯	RG DU	R¯B	BG DU	RG¯	BR DU
		GR DU	BR¯	GB DU	G¯R	RB DU	GB¯	RG DU	R¯B	BG DU	RG¯	BR DU	B¯G	GR DU
		GB DD	G¯R	RB DD	GB¯	RG DD	R¯B	BG DD	RG¯	BR DD	B¯G	GR **DD**	BR¯	GB DD

Figura 22

Se observarmos a Figura 22 veremos que a interação entre os quarks é realizada através dos glúons que não possuem massa, mas sim carga. Esses glúons não podem

viajar a uma velocidade superior a c = 300.000 km/s e são eles que produzem a massa real Ma, de um buraco negro, ou seja, são responsáveis pela massa ordinária ou massa bariônica que conhecemos.

Se observarmos a Figura 21 Interação 1, veremos que a interação entre os quarks se dá através dos glúons sem massa e sem carga; esses glúons são análogos aos fótons e, como os quarks em um buraco negro, se comportam como se fossem quarks livres e isolados; quer dizer, formam uma cascata de glúons de energia infinita que pode ultrapassar o valor de c = 300.000 km/s; como consequência, eles criam a massa imaginária iMr dentro de um buraco negro.

Comentários 1:

NOTA 1: A INTERAÇÃO DE QUARKS E GLÚONS UUD NO SEU INTERIOR É REALIZADA ATRAVÉS DO ANTIQUARK ŪŪĎ, EM UM PRÓTON.

NOTA 2: A INTERAÇÃO DE QUARKS E GLÚONS UDD NO SEU INTERIOR É REALIZADA ATRAVÉS DO ANTIQUARK ŪĎĎ, EM UM NÊUTRON.

NOTA 3: A INTERAÇÃO DE QUARKS E GL**Ú**ONS EM UM BARION Δ É REALIZADA ATRAVÉS DOS ANTIQUARKS.

NOTA 4: EM UM BURACO NEGRO, OS QUARKS SÃO CONSIDERADOS LIVRES E APENAS OS QUARKS UDD ESTÃO RELACIONADOS A OUTRO UDD. TRABALHAMOS COM OS QUARKS UDD EM UM BURACO NEGRO PORQUE CONSIDERAMOS QUE UM BURACO NEGRO NÃO TEM CARGA.

Comentários 2:

De acordo com o eletromagnetismo, cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem, mas no núcleo de um átomo coexistem prótons de carga positiva e nêutrons de carga neutra; isso implica que, considerando o que foi dito acima, devido à ação do eletromagnetismo, os prótons teriam que sair do núcleo atômico na direção oposta; mas isso não acontece assim e isso se explica pela existência da força nuclear forte que mantém o núcleo do átomo unido. Essa força nuclear forte tem um campo de ação, um raio de aproximadamente 10^-15 m. Se considerarmos que os prótons estão dentro do diâmetro de ação do campo de força nuclear forte, eles são atraídos para seu interior, mas se os prótons estão fora do diâmetro de ação do campo de força nuclear forte, então a força do campo eletromagnético causa que os prótons se afastem do núcleo atômico. Se observarmos o gráfico da energia de ligação por núcleo em função do número de massa, veremos que a transição ocorre no ferro; ou seja, com elementos de pequena massa, como hidrogênio, hélio, lítio ou mesmo oxigênio, os prótons permanecem fortemente unidos; para elementos de massa maior que o ferro, a força de ligação para manter o núcleo unido perde estabilidade, a força eletromagnética começa a ser relevante e fenômenos como a radiação aparecem.

Se a área da força nuclear fosse infinita, todos os prótons do universo não resistiriam e formariam um grande núcleo atômico.

Quando um buraco negro é produzido, o plasma de quarks e glúons que forma o buraco negro é neutro, sem carga. Dissemos também que um buraco negro é um condensado de Bose-Einstein, no qual os quarks se comportam como quarks livres ou isolados, onde os glúons formam uma cascata de energia infinita.

Em analogia com o que se expressa com a força nuclear forte, que é de curto alcance no núcleo atômico, podemos dizer que em um buraco negro a força nuclear forte teria um alcance infinito.

Núcleo atômico ------> Força nuclear forte de curto alcance, 10^-15 m.

Buraco Negro ---------> Força nuclear forte de alcance infinito.

REFERÊNCIAS

Ecuación de campo de Einstein, Iván García Brao, Universidad de Murcia, Facultad de Matemáticas. Trabajo de grado año 2018.

Soluciones de buracos negros na relatividade general, Universidad federal Fluminense, Bacherelado em Física. Trabajo de grado 2015.

Thermodynamics of hot strong-interaction matter from ultrarelativistic nuclear collisions, Fernando G. Gardim, Giuliano Giacalone, Matthew Luzum e Jean-Yves Ollitrault, https://doi.org/10.1038/s41567-020-0846-4, https://arxiv.org/abs/1908.09728.

Covariant Loop Quantum Gravity, Carlo Rovelli and Francesca Vidotto.

Field Theory, Kostas kokkotas.

Gravity and introduction to Einstein´s General Relativity, James B. Hartle.

Gravitation; Charles W. Misner, Kip S. Thorne and Jhon Archibald Wheelher.

Cosmologia Cuantica y creacion del universo, Benito Marcote.

Quantum Gravity, Carlos Rovelli.

Singularidades em teorias f(r) da gravitação, Vinicius Miranda Bragança.

Física Cuántica, Eisberg Resnick.

Física cuántica, Eyvind H. Wichmann.

Física Universitaria con Física Moderna Vol II, Sears – Zemansky.

- **Estimando parâmetros cosmológicos a partir de dados observacionais.**

Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Sen. Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, CEP. 59078-970, Natal, RN, Brasil

[2]CAIC José Joffily, Secretaria de Estado da Educação, Governo da Paraíba, R. José Marques Ferreira, 100 - Malvinas, CEP. 58432-545, Campina Grande, PB, Brasil.

Gival Pordeus da Silva Neto[*, 1, 2]

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000200418

- **Determinación de parámetros cosmológicos usando oscilaciones acústicas de bariones en cartografiados fotométricos de galáxias.**

TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Departamento de Física Teórica I.

Aurelio Carnero Rosell, Director Eusebio Sánchez Álvaro, Madrid, 2011

https://eprints.ucm.es/13761/1/T33317.pdf

- **Oscilações acústicas bariônicas.**

TESIS DE MESTRADO, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física "Gleb Wataghin".

Anderson Luiz Brandão de Souza, Orientador: Pedro Cunha de Holanda, Campinas 2018.

https://sites.ifi.unicamp.br/sobreira/files/2018/07/mestrado-tanderson.pdf

- **Testando a Robustez na Determinação da Constante de Hubble, H0, Via Observ´a-veis em Redshifts Intermediarios.**

TESIS DE MESTRADO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Centro de ciências e tecnologias.

Gival Pordeus da Silva Neto, Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Fernandes Lira de Holanda, Maio 2015.
https://core.ac.uk/download/pdf/250089429.pdf

Curso de Cosmologia.
http://152.84.50.234/fisica/atividades_de_verao/2019/CursoLentesMakler_2019_2.pdf

Thermodynamics of hot strong-interaction matter from ultrarelativistic nuclear collisions, Fernando G. Gardim, Giuliano Giacalone, Matthew Luzum e Jean-Yves Ollitrault, https://doi.org/10.1038/s41567-020-0846-4, https://arxiv.org/abs/1908.09728.

La Constante de Boltzmann y la temperatura.
https://cuentos-cuanticos.com/2011/10/08/constante-de-boltzmann-temperatura/

Gravedad y Mecanica cuántica, Cesar Gomez, Instituto de física teórica IFT – UAM de España, https://www.youtube.com/watch?v=eIMUQB0rfdE

Constante de Boltzmann.
https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria27/feria25501_constante_de_boltzmann.pdf

Observation of quantum Hawking radiation and its entanglement in an analogue black hole.
JEFF STEIHAUER.
https://arxiv.org/abs/1510.00621

Spontaneous Hawking radiation and beyond: Observing the time evolution of an analogue black hole
JEFF STEIHAUER.
https://arxiv.org/abs/1910.09363

Vídeos del instituto de física teórica IFT, España.

Videos de física, Javier Santaolalla.

Videos de Sabine Hossenfelder.

Videos de Fermilab, Don Lincoln.

Videos PBS Space Time, Matt O`Dowd and Andrew Kornhaber.

Información de Google.

Videos de YouTube.

El universo Elegante, Brian Greene.

Hiperespacio, Michio Kaku.

Universos paralelos, Michio Kaku.

El gran Diseño, S. Hawking y L. Mlodinow.

História del tiempo, Stephen Hawking.

O futuro da mente, Michio kaku.

Agujero negro y tiempo curvo, Kip Thorne.

La Realidad Oculta, Brian Greene.

La partícula Divina, Leon Lederman y Dick Teresi.

La luz y el origen de la materia, Alberto Casas, Profesor de Investigación IFT CSIC/UAM https://www.youtube.com/watch?v=CTrX_JBNEnU

La Constante de Boltzmann y la temperatura.
https://cuentos-cuanticos.com/2011/10/08/constante-de-boltzmann-temperatura/
Etc.

SOBRE O AUTOR

HECTOR GERARDO FLORES (ARGENTINA, 1971). Estudei Engenharia Elétrica com orientação eletrônica na Universidade de San Miguel de Tucumán UNT (Argentina); Trabalhei e ainda trabalho em empresas petrolíferas à procura de gás e petróleo durante 25 anos, como engenheiro de manutenção de equipamentos sísmicos em empresas como Western Atlas, Baker Hughes, Schlumberger, Geokinetics, etc.

Desde 2010, estudo física teórica em forma autodidata.

Em 2020 e 2021, durante a pandemia, participei do curso e asistí todos os vídeos online de Cosmologia I e Cosmologia II ditados pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC (nível de graduação).

Como comentário geral, a título de informação quero expressar que a teoria desenvolvida neste livro nasceu no meu trabalho, observando a propagação de sinais sísmicos no solo, comparando os métodos utilizados com explosivos e vibroseis. Extrapolando a experiência adquirida no mundo da sísmica e combinando com a extensa teoria que existe sobre o Big Bang, as ideias incorporadas neste livro surgem no sentido de tentar dar uma resposta aos mistérios da ciência sobre a origem do universo.

Neste livro, sinto que atingi meu objetivo de explicar a origem do nosso universo, é por isso que me vejo obrigado a compartilhar esse conhecimento. Espero que o leitor após a leitura do livro tenha a mesma visão e satisfação.

Atena Editora
Ano 2022

Modelo elétrico RLC do universo e a constante de Boltzmann

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

Modelo elétrico RLC do universo

e a constante de Boltzmann

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

